

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

**STUDIE MOŽNOSTÍ VYTVOŘENÍ INTELIGENTNÍHO
ODĚVU DETEKUJÍCÍHO ÚRAZ OSOBY**

STUDY OF POSSIBILITIES OF BUILDING UP
INTELLIGENT GARMENT CAPABLE OF DETECTING AN
INJURY OF HUMAN BEING

KOD - 771

P r o h l á š e n í

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracoval/a jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil/a autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byl/a jsem seznámen/a s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom/a toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 14. května 2007

.....

Kateřina Fejfarová

Poděkování

Autorka děkuje všem spolupracovníkům, rodině, přátelům a dalším, bez nichž by tato práce nemohla být napsána. Jsou to zejména prof. Dr. Ing. Zdeněk Kůs, vedoucí mé diplomové práce, za odborné vedení. Dále Ondřeji Čechovi, který mi poskytl řadu originálních nápadů, podnětných rad a informací k části týkající se senzorů.

Anotace

V diplomové práci je pojednáváno o složení tkaniny tzv. „inteligentních oděvů“ a v nich zabudovaných senzorů, jejichž význam spočívá v monitorování životních funkcí člověka. Text je zaměřen hlavně na EKG senzory a způsoby detekce dechu pomocí akceleračních senzorů, oximetrie nebo právě již zmíněných EKG senzorů. Hlavním účelem oděvu, díky zabudovaným senzorům, je vyhledat a okamžitě zareagovat na zranění nositele, a to vysláním signálu na ústředí, kde se stav zraněného vyhodnotí a rozhodne se, zda mu je pomoci či nikoliv. Užití tohoto oděvu nemusí být pouze armádou, ale také v lékařství (např. telemedicině), ve sportu nebo pro záchranáře a hasiče.

Klíčová slova

- Inteligentní textilie
- Vodivá síť
- Integrace
- EKG senzor
- Akcelerační senzor
- Oximetrie

Annotation

This dissertation treats of composition of an „intelligent garments“ an inbuilt sensors monitoring life functions of human being. This text is aimed especially to ECG sensors and ways of detection of breath by the help of acceleration sensors, oximetry etc. The main purpose of the garment is to detect injury of the suite user and send signal to a headquarter, where it is evaluated and a decision on appropriate actions in order to help the particular person is made. From using this suit can benefit not only an army but also medicine (for example telemedicine), sportsman, fireman, rescuer workers, and other.

Key words

- Intelligent textile
- Conductive net
- Integration
- ECG sensor
- Acceleration sensor
- Oximetry

Obsah

Úvod	9
1. Inteligentní oděvy	11
1.1 Složení materiálu	12
1.1.1 Počátky inteligentních oděvů.....	12
1.1.2 Jednotlivá vlákna materiálu.....	13
2. Senzory	24
2.1 Integrace komponent	26
2.1.1 Integrace komponent do textilních elektrických obvodů.....	26
2.1.2 Druhy technologií.....	28
2.2 Uplatnění	29
2.2.1 Snímače pulsu.....	30
2.2.2 Vlastní návrh rozmístění senzorů na tričko.....	42
2.3 Rádiové spojení	44
2.4 MEMS	46
3. Napájení	48
4. Funkce „chytrého trička“	49
4.1 SmartShirt	49
4.1.1 Výrobce.....	50
4.1.2 Vytvoření.....	51
4.1.3 Funkce trička.....	52
4.1.4 Možnosti využití.....	53
4.1.4.1 vojenské využití při bojových akcích.....	54
4.1.4.2 Medicínské využití.....	55
4.1.4.3 Sport.....	58
4.2 LifeShirt firmy VivoMetrics	59
Závěr	61

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ABMT	Advanced BioMedical Technology
ASIC	Integrovaný obvod pro zpracování signálu ze senzoru.
CT sken	Počítačová tomografie
EKG	Elektrokardiografie – zobrazování činnosti lidského srdce
GPS	Poziční a navigační systém.
GPRS	Sběr dat a snímkování připojením.
GTWM	Georgia Tech Wearable Motherboard
HMD	Head mounted display – monitorizovaný hlavový display
ICU	Intensive care unit – jednotka intenzivní péče.
LED	Světlem emitující dioda. Vyznačuje se malým jasnem, velkou životností a i při vysoké teplotě, vysokým optickým výkonem a spektrální šířkou řádu 100 nm
LSTAT	Life Support for Trauma and Transport - Životní Pomoc Trauma a Transport
MASH	Mobile Advanced surgical Hospital – pohyblivá chirurgická nemocnice.
MEDFAST	Medical Forward Advanced Surgical Technology – lékařské pokrokové vozidlo s výhodami chirurgické technologie.
MEMS	Mikroelektromechanické systémy
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MRI	Magnetická ozvěna obrazu.
PCM	Phase Change Materiale- tento materiál je obsažen v kapslích v outlestových vláknech. Dokáže měnit skupenství, absorbovat, zadržovat a vypouštět nahromaděné teplo.
PSM	Personnel Status Monitor - identifikace pro členy ozbrojených sil Spojených států pro 21. století. Osobní monitorovací systém vojáka.
SIDS	Syndrom náhlého úmrtí kojenců.

Úvod

V dnešní moderní době, kdy trhy po celém světě zahlcuje nízko nákladové zboží, není jistě od věci zabývat se myšlenkou, jak se prosadit v takto silné konkurenci. Nástrojem, jak toho dosáhnout, je bez pochyby nová specializace a právě takovou jsou i tzv. „Inteligentní textilie“, jež řadíme mezi výrobky s vysokými užitnými vlastnostmi.

„Chytré oblečení“ již není pouze součástí laboratorních testů nebo extrémně drahých prototypů, ale začíná pomalu pronikat i do běžného života. Oblastí, mimo vojenského využití, kde se opravdu s inteligentním oblečením setkáme nejprve, bude jistě lékařství.

Textilně orientované systémy s rozdílnými funkcemi a aplikacemi se staly nedávno subjektem velkého zájmu, hlavně kvůli jejich přizpůsobivosti a schopnosti nabídnout svému nositeli uspokojení potřeb prostřednictvím řady funkcí (např. zabudovaný MP3 přehrávač, mobilní telefon). Integrace elektroaktivních materiálů mohou umožnit rozvoj nových nástrojů v několika oblastech použití, jako např. telemedicině, virtuální realitě nebo v právě již zmiňovaném lékařství.

Díky pokroku v miniaturizaci elektronických komponent se mohou prakticky realizovat inteligentní oděvy. Tato miniaturizace umožňuje mikroelektronické moduly začlenit a navzájem propojit v obleku, protože oděv nabízí dostatečnou plochu právě pro umístění takovýchto funkčních modulů, ale současně i pro začlenění ovládacích komponent a vstupních/výstupních rozhraní tak, aby k nim měl uživatel snadný přístup. Pokud je vytvořena takováto síť, potom je už snadné do ní začlenit senzory pro hlídání hladiny cukru v krvi, měření krevního tlaku nebo srdečního tepu. Jako další příklady mohou sloužit vesty, u nichž se nafukují mikrokomory a vyrovnávají teplotu, košile, které pomocí ultratenkých vibračních podložek masírují záda, spodní prádlo, které cíleně dodává do těla různé medikamenty apod.

Budoucnost přeje elektronickému textilnímu zboží, což se projevuje ve stavbě spínačů, klávesnic nebo tlakových snímačů zabudovaných do textilie. Vzájemným spojením pak technologie dovoluje komunikaci člověka s oděvem a to pomocí ovládacích prvků. Oděv je vypracován bez potřeby stříhání a šití, což představuje zásadní průlom v textilním strojírenství. Dále musí odolávat praní, aby nebyla způsobena žádná škoda a informace se dále mohly zpracovávat.

Pokud jde o zabudovávané snímače, ty jsou v dnešní době diskrétní záležitostí, jsou neškodné a stávají se součástí textilu. Vyrží natahování, ohnutí, tlak nebo pohyb. Aplikovány mohou být do trička, kde monitorují dech, nebo do nitra obuvi, kde monitorují tlak nohy a rozbor chůze.

Intelligentní oděvy jsou tedy stále bližší každodennímu životu, a proto považuji za vhodné se jimi v této práci zabývat.

1. Inteligentní oděvy

Tato kapitola je věnována stručnému popisu a rozdělení inteligentních oděvů.

Za inteligentní textilie považujeme struktury, které dokáží samostatně vyhodnotit danou situaci a zároveň na ní co nejlépe zareagovat. Dále musí umět vnímat okolní podněty (např. elektrické pole) a to tím způsobem, že po jakékoliv změně těchto podnětů, zareagují inteligentní textilie např. změnou tvaru.

Právě podle způsobu reakce je rozdělujeme na:

PASIVNÍ – nereagují na změny, jsou jen citlivé. Patří sem čidla a indikátory stavu okolí (optická vlákna, oděvní elektronika)

AKTIVNÍ – určí změnu podnětu a také na ní zareagují (teplo regulující textilie)

Samozřejmě klademe na vlastnosti textilních struktur určité nároky a to je:

- dostatečná pevnost, pružnost, tažnost a lehkost
- lehké tvarování podle požadavků
- snadná udržovatelnost (praním)
- jednoduchá úprava dle potřeby (šitím nebo páráním)

Obecně můžeme inteligentní textilie použít jako přenosné počítače, prostředky bezdrátové komunikace nebo nosiče MP3 přehrávačů, mobilních telefonů atd.

Ovšem oblasti, ve kterých se nejvíce tyto textilie využijí, bude lékařství a vojenství. Zejména díky tomu, že dokáží být naprogramovány např. pro dávkování léčiv, monitorování člověka, dále díky zabudovaným čidlům, hlídají tělesné funkce nositele nebo v závislosti na podmínkách okolí, mění strukturu, odstín či omak.

Pokud jde o použití ve vojenské sféře, zde jsou kladeny ještě další požadavky na kvalitu a vlastnosti oděvu. Tady by měli vojáky chránit navíc před plamenem, proti otravným látkám, střelám, střepinám a také výkyvům počasí. Dále se na nich vyžaduje, aby zaznamenaly psychický a fyzický stav nositele, obsahovaly komunikační hardware, sledovaly pozici vojáka či snímaly světlo okolí a dokázaly se přizpůsobit terénu tak, aby maskovaly svého nositele. To vše je možné pomocí zabudovaných senzorů přímo

v oděvu, neboť ty v dnešní době zvládají řadu funkcí. Kromě výše zmíněných, můžeme uvést např. zachycení pohybu blížícího se člověka nebo schopnost přímo podle pokynu vpravit léky do těla (energetické, uklidňující, protilátky při zasažení jedem...)

Pro docílení co nejlepší účinnosti ochrany před nežádoucími vlivy, je třeba zvolit vhodnou kombinaci vláken, konstrukci textilie a spojení různých vrstev.

1.1 Složení materiálu

Ačkoliv se jedná o oděv, nemůžeme očekávat, že se nám do rukou dostane obyčejné bavlněné tričko. Inteligentní oděv, jak už vyplývá ze samotného názvu, musí splňovat řadu vlastností. Vedle vlastností, které očekáváme dnes zejména od sportovních oděvů, jako je např. odvádění potu, regulace teploty lidského těla a stálá udržovatelnost komfortu. Inteligentní textilie musí navíc zareagovat na vnější podněty a do výše svých možností pomoci svému nositeli. Z toho vyplývá, že pro složení takového oděvu bude zapotřebí použít nejen klasická vlákna, ale také speciální.

1.1.1 Počátky inteligentních oděvů

Již v letech 1996 začal vývoj inteligentního trička pro vojáky armády USA. Mezi hlavní požadavky patřilo hlášení o rozsahu zranění a životních funkcí raněného vojáka.

Pokud jde o zvolený materiál, požadovala se prodyšnost, lehkost, která umožní nositeli komfort a snadnost údržby (praní). Proto volba padla na tkanou strukturu a použití takové techniky, aby tričko nemuselo být ani stříháno a šito.

Úkolem se začal zabývat Georgia Institute of Technology. Georgia Tech Wearable Motherboard (GTWM) realizovala „wearable motherboard“ základní desku PC pro vojenské účely. Využívala speciálních senzorů, které monitorovaly tělesné funkce během boje, a optických vláken pro zjištění zranění.

1.1.2 Jednotlivá vlákna materiálu

Intelligentní oděv může být vytvořen z těchto vláken:

- a) pro elektricky vodivé spojení v uzavřeném obvodu by byla použita měděná vlákna potažená polyethylenem a polyamidová vlákna s anorganickými částicemi
- b) polymerní plastické optické vlákno pro detekci hloubky proniku střely nebo úlomků
- c) pro přiléhavost použijeme Spandex (polyuretanový elastomer)
- d) Nega-stat pro zajištění rozptýlení elektrostatického náboje
- e) pro dobré elektroizolační vlastnosti a vysoký odpor by mohla být použita vlákna polypropylenová
- f) Outlastová vlákna pro udržení teplotního komfortu

a) ELEKTRICKY VODIVÁ VLÁKNA

Slouží pro vytvoření inteligentní elektricky vodivé textilie. Díky vodivým vláknům se ve struktuře inteligentní tkaniny vytvoří vodivá síť, do které bude možno zapojit senzory, multifunkční procesor nebo indikátor a samozřejmě napájecí prvek..

Pro výrobu můžeme použít kovová nebo polyamidová vlákna. Ty mohou být vedena v jednom směru (buď v osnově nebo v útku) nebo v obou směrech.

Kovová vlákna [5]

Kovová vlákna ve formě úzkých drátků jsou nejvíce používána.

Pro výrobu drátků do 100 μm se používá techniky tažení (obvykle přes kónické otvory) za studena nebo za tepla. Při tažení za tepla, vhodném pro křehké kovy (wolfram, molybden), se volí teplota nad teplotou krystalizace. Pro kujné kovy (ocel, měď, zlato, stříbro) se používá tažení za studena. Při tomto druhu tažení dochází také k deformačnímu zpevnění, jehož důsledek je zvýšení pevnosti a snížení kujnosti.

Pro výrobu tenčích drátků do 10 μm se používá tzv. Taylorův proces. Principem je obalení silnějšího drátku vhodným sklem a protahování za teplot, kdy je sklo změkklé a kov uvnitř buď plastický nebo roztavený.

Typy kovových vláken:

Berylium – má extrémně nízkou měrnou hmotnost a vysoký počáteční modul (tuhost), ale problémem je vysoká toxicita

Ocel – ocelová vlákna o průměru 15 µm se dodávají jako vodivá komponenta do termoplastů pro konstrukci bariér vůči elektromagnetickému záření

Wolfram – má vynikající tepelnou odolnost a vysoký modul, proto se hodí jako zesílení do kompozit

Měď – používá se pro svou výbornou elektrickou vodivost zejména jako dráty pro elektrotechnické účely. Často se potahuje polymery (polyestery, polyamidy, aramidy) a přidává se (v relativně malém množství) do vláknenných struktur jako vodivá komponenta.

Jak bylo uvedeno výše, používaným polymerem, v případě inteligentních oděvů, je polyethylen, kterým se měděné vlákno potahuje.

Polyethylen [7]

Polyethylen (PE) je termoplast, který vzniká polymerací ethenu.

Lze využít polymerace za nízkého tlaku (vznikne polymer s lineárním řetězcem, značka LPE – liten) nebo za vysokého tlaku (vznikne polymer s rozvětveným řetězcem, značka rPE – bralen). Při výrobě lze využít vstřikování a vytlačování.

Vyrábí se z něj nejrůznější hračky, sáčky (mikroten) a elektrotechnická izolace.

Polyamidová vlákna [5], [7]

Polyamid 6.6 (mezinárodní zkratka PA) je rozšířen zejména pod názvem NYLON. Původní patent Carothers firma Dupont v r. 1935.

Výroba polyamidových vláken

Výchozí materiál je ropa, ze které vznikají chemickým procesem základní suroviny: tzv. AH sůl. – nylonová sůl. Tavenina z těchto sloučenin prochází tryskami, vznikající vlákno se protahuje a případně (při výrobě polyamidové stříže) obloučkuje.

Nejznámější formy výrobků jsou: hedvábí (jako monofil nebo polyfil), stříž, vlasce, žíně.

Vlastnosti

- Jediný větší rozdíl ve vlastnostech obou základních typů polyamidů je, že PA 6.6 měkne a roztavuje se při vyšších teplotách než PA 6.
- Polyamidy jsou velmi pružné a mají vysokou pevnost v tahu a v oděru.
- Poměrně nepatrné přijímání vlhkosti způsobuje, že výrobky z polyamidu se nesrážejí, za mokra ztrácejí poměrně málo pevnosti a rychle schnou.
- Polyamid přijímá téměř všechny druhy textilních barviv.
- Nevýhodou je malá odolnost proti vlivům světla a povětrnosti (žloutnutí) a snadné nabíjení statickou elektřinou.

Zacházení s výrobky z polyamidu

Každé vyprání zvyšuje trvanlivost tkanin nebo pletenin z polyamidu. Mnohé výrobky jsou napuštěny prostředky proti žloutnutí. Do prací lázně se musí přidávat přesná dávka speciální chemikálie, na které tento prostředek nereaguje. Tkanina nebo pletenina jinak po opakovaném praní zešedne.

Teplota žehličky nesmí u výrobků z čistého polyamidu přesáhnout 120°C.

Eventuální příznaky přecitlivosti lidské kůže při nošení výrobků z polyamidu nejsou způsobeny vlastnostmi vlákna, nýbrž barvivy, zbytky pracích prostředků a podobně

b) OPTICKÁ VLÁKNA

Funkce optických vláken v tomto projektu je velmi důležitá a nepostradatelná. Díky nim je inteligentní oděv schopný detekovat zranění, což je právě cílem a hlavní požadovanou vlastností v této práci.

Opravdu velkou výhodou optických vláken je jejich kmotočtové pásmo, díky kterému můžeme dosáhnout až stovek GHz. Tím je dána i značná přenosová rychlost, o několik řádů vyšší než u klasických kabelů, a v porovnání s nimi mají také menší rozměry a hmotnost, nižší materiálovou a energetickou náročnost výroby.

Optické vedení vykazuje dokonalou jednosměrnost s úplným galvanickým oddělením vstupu a výstupu, které umožňuje spojení míst s velmi rozdílným

potenciálem. Je též nezaměřitelný a rezistentní vůči rušivým elektromagnetickým polím, což má velký význam např. ve vojenské oblasti.

Druhy vláken a jejich charakteristiky [3], [29]

Optické vlákno je nejdůležitějším prvkem optoelektrického přenosového systému. Má nepatrný průřez a je schopné přenášet světelnou energii na vzdálenost řádově kilometrů s velmi malým útlumem.

Vlákno se v principu skládá z vlastního vlnotvorného jádra a jednoho nebo více plášťů. Energie se šíří ve formě vidů (mod), což jsou takové vlny, které mají všude podél podélné osy vlnovodu stejné příčné rozložení pole a stejnou polarizaci. Rozložení pole energie závisí na úhlu šíření vzhledem k podélné ose vlnovodu.

Energie šířeného signálu ve vlnovodu je nejen uvnitř vlnovodu, ale také v těsné blízkosti kolem vlnovodu (maximálně do vzdálenosti poloměru vlnovodu). Toto pole se šíří společně s polem ve vlnovodu.

Vlnovody dělíme podle rozložení energie na vlnovody jednovidové a mnohovidové a vlákna se z hlediska šíření energie dělí na 3 základní druhy:

- 1) MNOHOVIDOVÁ – s konstantním indexem lomu jádra, tzv. *vlákna stepindexová*
- 2) MNOHOVIDOVÁ – s proměnným indexem lomu v příčném řezu jádrem, tzv. *gradientní vlákna*
- 3) JEDNOVIDOVÁ – s konstantním nebo proměnným indexem lomu v příčném řezu jádra, tzv. *vlákna stepindexová*

- 1) MNOHOVIDOVÁ vlákna jsou vlákna s velkým průměrem jádra (50 μm), takže se ve vlákně může šířit více vidů. Jsou konstrukčně nejjednodušší a změny indexu lomu jsou dosaženy rozdílným složením jádra a pláště, případně potáhnutím křemenného jádra pláštěm z opticky vysoce čisté plastické hmoty s nižším obsahem lomu, tzv. PCS vlákna (Plastic Clad Silica). Stepindex vlákna jsou nejjednodušší na výrobu a manipulaci při spojování či konektorování, než je tomu u jiných vláken. Mají samozřejmě i své nevýhody a to spojení na dlouhé vzdálenosti. Počet vidů přenášených těmito vlákny je vysoký a každý z vidů se

šíří trochu odlišnou skupinovou rychlostí. To má za následek, že určitý puls, nesený mnohými vedenými vidy se rozloží na soubor dílčích pulsů, která dorazí na konec světlovodu s určitou časovou diferencí. Toto rozšíření impulsu ohrožuje přenosovou kapacitu vlákna a limituje při požadované kapacitě možnou délku spoje.

- 2) GRADIENTNÍ vlákna jsou vlákna, kde není na rozhraní jádro-plášť skoková změna indexu lomu, ale index lomu se v jádře mění plynule (parabolicky). Tato vlákna dosahují lepších parametrů než vlákna se skokovou změnou (nedochází ke zpoždění různých vidů). Maximální hodnota je v ose vlákna a ke krajům jádra se index lomu snižuje. Nevýhodou gradientních vláken je podstatně složitější výroba.
- 3) JEDNOVIDOVÁ jsou nejvýhodnější pro spojení na dlouhé vzdálenosti. Mají malý průměr jádra ($7 - 9 \mu\text{m}$) a malý rozdíl indexu lomu jádra a pláště, těmito vlastnostmi je zaručeno, že se paprsek vláknem šíří jen jediným videm a to ve směru osy vlákna, ostatní paprsky zaniknou. Díky tomu se dá dosáhnout značných přenosových kapacit na délku stovek až tisíc kilometrů.

Vlastnosti optických vláken

- indikují změny vnějších externích polí
- jsou vyráběna buď na základě křemíku (Si) nebo speciálních polymerů
- jsou pevná a odolná proti slunečnímu záření
- jsou relativně tuhá
- mají nízkou pružnost, splývavost a odolnost proti oděru

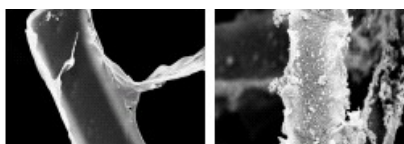
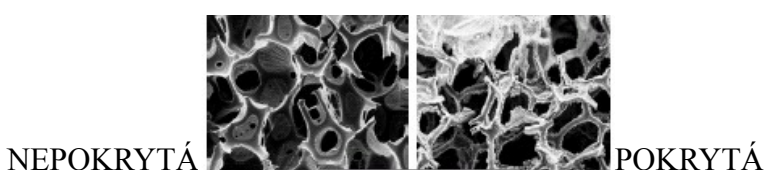
Uplatnění

Optická vlákna se používají pro realizaci snímačů polohy nebo různých přepínačů, vláknenných čidel na bázi textilních struktur. Dokáží přenášet optický signál, informace o tepelných změnách, mechanických, magnetických a dalších polí nebo

informace o přítomnosti chemických látek. Neuplatňují se zde „klasická“ optická vlákna, ale tzv. gradientová vlákna.

Pokud jde o případ realizace snímačů polohy, tak na principu optických vláken jsou založena různá speciální čidla, která se využívají u tlakově citlivých textilií. Ta je složena z deformovatelné polymerní pěny, která obklopuje hustou síť vláken. Když stlačíme textilií, tak dochází k deformaci optických vláken v místě stlačení a tím se změní i dráha světelných paprsků a jejich odraz.

Výrobek s „chytrou pěnou“



Zvětšené obrazy

Obr.1 Nepokrytá a pokrytá vlákna PU pěnou

c) POLYURETANOVÉ ELASTOMERY - SPANDEX

Tento typ vláken je použit díky svým výborným elastickým vlastnostem. Právě docílení co největší přilnavosti trička na tělo má vliv na správné držení senzorů a díky tomu naměřené hodnoty budou přesné.

Polyuretanové elastomery jsou materiály, které dokáží protáhnout svou délku nejméně o dvojnásobek při normální teplotě a po odstranění napětí se skoro hned vrátí na přibližnou původní délku.

Elastomerní chování umožňuje polymeru být za běžných teplot ve dvou stavech:

1. relaxovaný stav – zde jsou polymerní řetězce sbalené do klubek
 - tento stav musí být stabilní, aby polymer měl dostatečnou pohyblivost řetězců, a tak se dal snadno deformovat
2. protažený stav – zde jsou napjaté řetězce

Potřebujeme také zajistit dobré zotavení a to pomocí mezimolekulární přitažlivosti a dále systém zábran pro molekulární tok v protaženém stavu. Pro vyhovění těchto požadavků se využívají blokové kopolymery, ty střídají měkké a tuhé segmenty.

Měkké segmenty – přechod z neorientované formy na protažený tvar. Při protažení se řetězce k sobě přiblíží natolik, že se začne tvořit krystalická (uspořádaná) oblast a tím se zvyšuje pevnost a tuhost protaženého vlákna. Když uvolníme napětí, tak se krystalita segmentů poruší a vrátí se do původního stavu.

Tvrdé segmenty – v neprotaženém vlákně jsou náhodně orientované. Jsou tvořeny shluky a oblastmi sekundárních vazeb (přitažlivé síly). Vazby musí být dostatečné, aby nedošlo k prokluzům, ale tuhé úseky nesmí být blízko sebe, aby neomezovaly návrat měkkých úseků.

V r. 1937 vznikla nová patentovaná technologie pro výrobu Spandexových vláken ze speciálních kopolymerů.

Vlastnosti Spandexových vláken

- může být natáhnutý na více jak 500%
- je odolný proti oděru
- je lehký
- schopnost vrácení se do původního stavu po opakovaném namáhání
- měkký, příjemný a pružný
- odolný vůči potu nebo čistícím prostředkům
- žádné problémy se šmolkováním

Spandex je umělé vlákno tvořené dlouhým řetězcem syntetických polymerů složených minimálně z 85% z polyuretanových součástí. Vláknem lze sprádat z roztoku za mokra i za sucha. Většinou se dodává jako hedvábí (jemnost 3 – 6000 dtex). Podle chemického složení měkkých a tvrdých bloků je ovlivněna odolnost vůči chemikáliím. Dokáží odolávat oxidaci a méně absorbovat olej pokud obsahují polyesterové bloky.

Dají se snadno barvit, ale nedoporučuje se chlornanové bělení (pokud chceme bělit, tak pomocí peroxidového bělení).

d) NEGA – STAT [15]

Takovýto materiál vyniká svou antistatickou úpravou. V jádrech tkaniny jsou obsaženy kombinace elektricky vodivého uhlíku, a právě složení vlákna a tvar má vliv na jeho nezaměnitelnou vlastnost, což je rozptýlení elektrostatického náboje. A tato vlastnost nesmí chybět inteligentní textilií. Protože pokud by oděv neobsahoval nega – stat vlákna, vytvářel by se elektrostatický náboj, při pohybu nositele, třením senzoru o textilií a naměřené hodnoty by nedávaly smysl.

Antistatická funkční stavba

Antistatické tkaniny jsou zhotovené ze zvláštních polyesterových přízí z chemického hedvábí. Jsou to bikomponentní vodivé příze. Každá příze obsahuje trojhranný profil vlákna - trilobal s uhlíkovým jádrem. Jádro je elektricky vodivé a je obklopeno pláštěm z polyesterového materiálu. Jedinečný trilobal se chová jakobleskosvod a přitahuje náboj z okolí do jádra a navíc poskytuje pružnost a rozptýl světla odrazných ploch.

Polyesterový plášť přirozeně opatří ochranný filtr, zajistí výjimečnou trvanlivost při nošení nebo chemickou odolnost.

Materiály mohou být také dodatečně impregnovány během konečné úpravy pro vysokou trvanlivost, měkký povrch, znamenitý odpor proti chemikáliím, hydrofobní úpravu, atd.

Vlastnosti

- výborné filtrační vlastnosti
- měkký a pohodlný pro nošení
- znamenitý odpor vůči chemikáliím
- je prodyšný, propustí páru, ale částice prachu nebo vodu nikoliv
- odolný při praní a čištění
- pevný a odolný vůči oděru

Aplikace

- mikroelektronika
- zdravotní péče
- potravinářský a lékárnický průmysl (oděv do super čistých odvětví)
- optimální antistatická ochrana pozemních i neuzemněných aplikací

e) POLYPROPYLEN [5], [7]

Polypropylenové vlákno je využíváno díky svým elektroizolačním vlastnostem, vysokému odporu a lehkosti. Což byl jeden z požadavků na inteligentní textilii.

Polypropyleny (mezinárodní zkratka PP) jsou částečně krystalické plasty, které se získávají za pomoci katalyzátorů polymerizací propenu. K výrobě textilních vláken jsou použity tzv. izotaktické polymery, které mají naprosto stejnoměrnou molekulární strukturu.

Výroba

Výchozí surovina k výrobě jsou odpady vzniklé při zpracování ropy, polypropylen je proto levnější než ostatní syntetické materiály. Polymerizovaná hmota se taví a protahuje při teplotě do 200°C. Během tohoto procesu se často přidávají barviva, protože hotové vlákno se dá jen velmi obtížně barvit. Vlákno se vyrábí ve formě hedvábí, stříže a stužky v různých jemnostech.

Vlastnosti

Polypropylen je nejlehčí ze všech textilních vláken (0,91 g / cm³), vlákno je odolné proti chemikáliím, má velmi dobrou pevnost v oděru, minimální navlhavost, nízký sklon k nabíjení statickou elektřinou a ke šmolkování. V omaku se PP vlákna neliší od ovčí vlny. Jsou inertní vůči bakteriím a plísním. A také dobře snášenlivá s lidskou pokožkou a nevyvolávají alergické reakce.

K nevýhodám patří nízká schopnost zotavení po deformaci, malá odolnost proti účinkům světla a vyšších teplot. Nelze je prát a žehlit se mohou jen na 40 až 60°C. Výrobky v nouzi snesou vyvážku, ale tím však často ztratí tvar.

f) OUTLAST MATERIÁL

Pro vojenské účely je také důležitá zejména ochrana vůči extrémním klimatickým podmínkám, znesnadnění identifikace (kamufláž) a ochrana vůči bojovým plynům, bakteriím nebo virům. V řadě případů se používají inteligentní textilní struktury, kdy je za běžných podmínek zaručen komfort při nošení (prodyšnost a propustnost pro vodní páry) a až v případě ohrožení dochází k změně chování (neprodyšnost, tvorba pěny na povrchu, prostorová expanze atd.). Jako vlákna chránící vůči extrémním výkyvům počasí se používají např. vlákna obsahující kapsle s PCM materiály, které označujeme jako outlast [4].

Funkce OUTLAST materiálu

Jedná se o speciální termoregulační materiál, který dokáže měnit skupenství, což doprovází příjemné vyrovnaní teplot. Při použití tohoto materiálu se teplo neuchovává pomocí zachyceného vzduchu, ale v mikrokapslích obsahující PCM (**Phase Change Materiale**). Ty dokáží absorbovat přebytečné tělesné teplo, rovnoměrně ho rozvést po ploše tkaniny a v případě potřeby ho vrátit zpět k pokožce pro dosažení komfortu při nošení. PCM dokáží měnit své skupenství z tuhého na tekuté a naopak. Jsou v polotekutém stavu, kdy při zvýšené aktivitě pevné části pohlcují přebytek tepla vytvořeného tělem a díky tomu nás oděv ochlazuje. Naopak při ochlazování se vrací z tekutého do pevného stavu a teplo, které bylo PCM látkami vstřebáno se vrací k tělu. Tento proces se neustále opakuje podle změn tělesné potřeby. Cílem je udržovat takovou teplotu, která je pro kůži nositele nejpríjemnější.

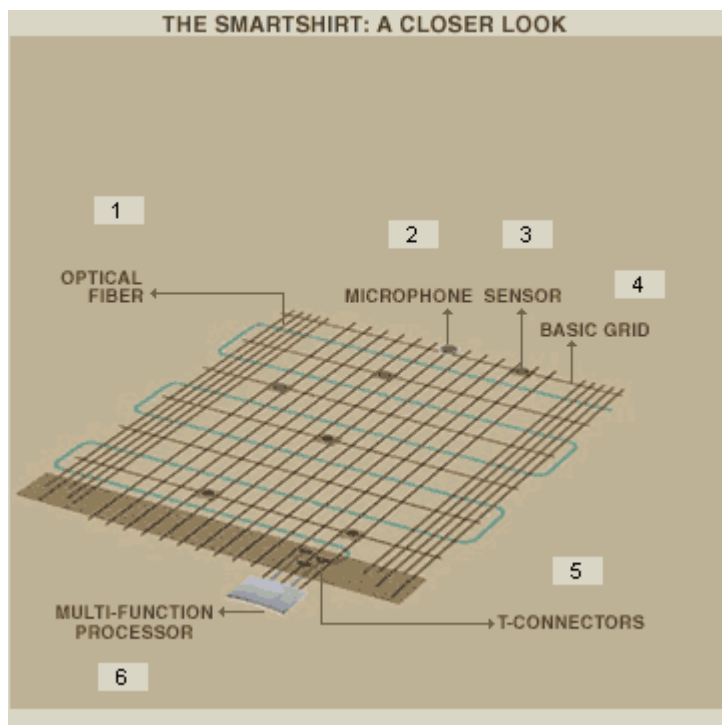
Jako historicky první PCM pro textilní aplikace, byli hydratované anorganické soli. Nevýhodou bylo, že tepelná energie se neukládala trvale. Proto se PCM začalo vyrábět z polyetylénglykolu. Ty dnes patří k nejvíce používaným PCM.

Přípevnování PCM

Nejprve se používala dutá vlákna, kdy nánosování probíhalo na povrch materiálu pomocí pryskyřičné úpravy. Dnes se využívá technika mikrokapslí, které se snaží omezit unikání PCM během používání a údržby. Jde o zapouzdření PCM do tobolek (kapslí) o průměru několika mikrometrů. Dají se rozptýlit do vlákna při zvlákňování z roztoku nebo zabudovat do pěny (pro nánosování na povrch materiálu). Nevýhodou

je, že po řádově 6 – 10 min se kapacita ukládání tepla vyčerpá. Hodí se tedy do rychle se měnících teplotních podmínek.

Možná podoba výsledné tkaniny
s již zabudovanými senzory a komunikačními prvky.



Obr.2 Složení tkaniny firmy Sensatex – pro SMARTSHIRT

Popis obrázku 2:

1. Optické vlákno
2. Mikrofon
3. Senzor
4. Programovací (základní) rozvodná síť
5. T – konektory
6. Multifunkční procesor

2. Senzory

Senzory umožňují spojení mezi textilií a uživatelem. Zachycují podněty lidského těla nebo okolního prostředí. Jsou to malá elektronická zařízení přeměňující veličinu na elektrický signál. Mohou být k textilii buď připevněné nebo včleněné do textilního substrátu. Tím, že je textilie v přímém kontaktu s lidským tělem, tak jsou textilní senzory dobrým nástrojem pro měření lidských funkcí. Mohou měřit teplotu, svalové kontrakce, srdeční funkce, pot nebo krevní tlak.

Nedávno se staly tyto textilní systémy subjektem zájmu pro svou přizpůsobivost. Několik vlastností, jako tepelné seřízení, odpor vůči plamenu a vysoké mechanické síle, je dnes častým objektem zkoumání.

Snímače mohou tedy být buď textilní nebo zabudované v textilii. Druhou možností kromě snímačů mohou být akční členy (např. takové, které jsou schopny na základě zpracování informací z vyvolaného podnětu, vpravit obranné léky do těla nositele).

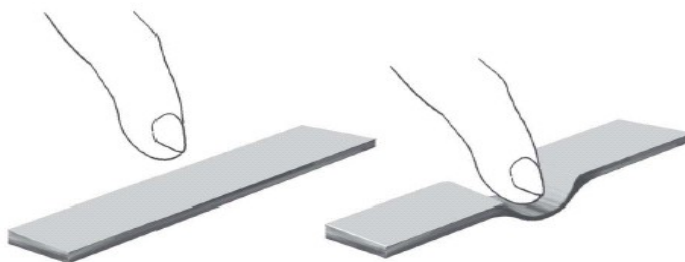
Senzory jsou implementované snímače schopné záznamu biomechanických proměnných, které je možno uplatnit ve velkém rozsahu využití (od sportovního po umělecké pole). Dokáží podat zprávu o plánu nošení, jsou schopné číst a zapsat postavení a pohyb nositele systému.

Pokud jde o jejich použití v oděvu, snímací síť „chytrého trička“ se může rozdělit do 2 částí: v první textilní části se získávají biomechanické signály a v druhé části je hardware/software, kam řadíme rozhlasovou komunikaci. [Viz Obr.2]

Vlastnosti, které jsou požadovány od inteligentních oděvů, musí do jisté míry splňovat i zabudované senzory (omyvatelnost, pružnost, aj.)

Příklady senzorů

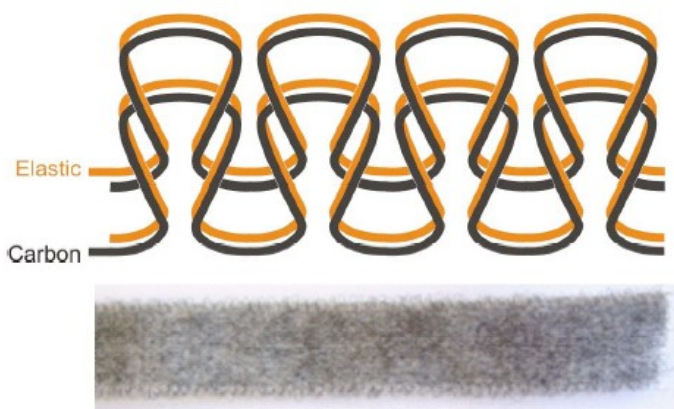
Tlakové



Obr.3 Tlakové snímače

Tlakové senzory zajistí nejvyšší úroveň integrace u kombinování čidel. Zařízení měří tlak, zrychlení, teplotu a generuje proud, který bude odesílán přes vnější vysílač.

Natahovací senzory



Obr.4 Zátěžná jednolící pletenina z elastických a karbonových vláken.

Produkty

Ukázka již vytvořených oděvu se zabudovanými senzory.



Obr.5 Snímací bunda



Obr.6 Respirace



Obr.7 Monitorování srdce

2.1. Integrace komponent

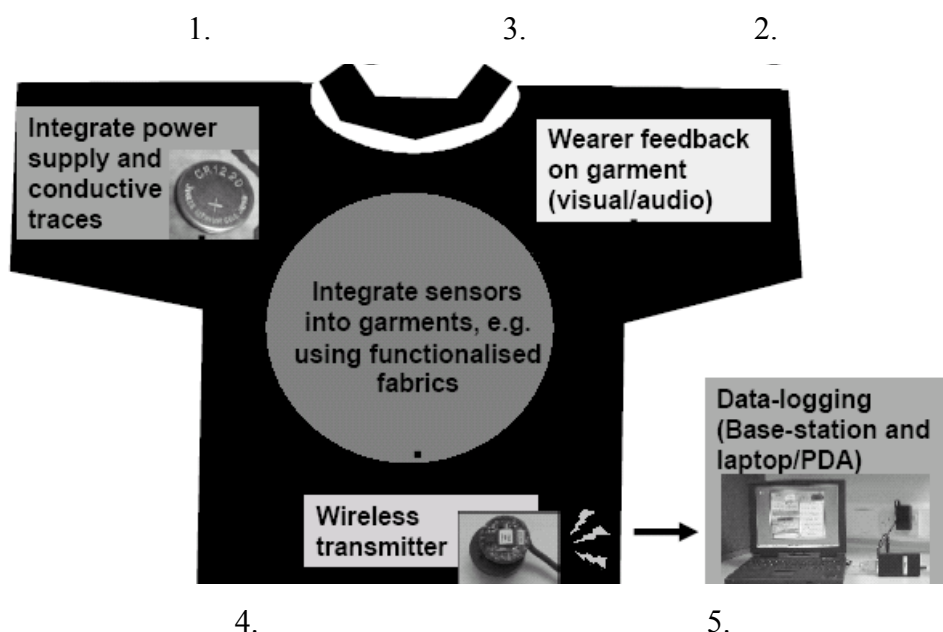
Při zabudovávání senzorů do textilie musíme přemýšlet i nad dalšími způsoby použití oděvu, ale také nad jeho údržbou. Je důležité znát vlastnosti nejen textilie, ale i senzorů. Je třeba si uvědomit, že oděv je nutné prát, tím vzniká otázka, jaký senzor použít. Pokud bychom použili senzor, který nelze prát, musíme k tomu přizpůsobit i zabudování. V tomto případě by se jednalo o odnímatelný senzor a spojení s oděvem by mohlo být pomocí konektorů. Na druhou stranu, pokud použijeme senzor vhodný pro praní, volba spojení bude trvalá.

2.1.1. Integrace komponent do textilních elektrických obvodů

Nynější technologie v oděvu spoléhá na fyzikální snímače (např. EKG) nebo chemické snímače a biosensory. Je proto potřeba tyto senzory určitým způsobem integrovat do textilního substrátu.

Jak už bylo uvedeno výše, snímače mohou být na fázi fyzikální nebo chemické. Pokud jde o fyzikální snímače pro sledování teploty, tlaku, hustoty atd. nemusí být v přímém styku se vzorem. Na rozdíl od toho chemické snímače a biosensory musí být přímo v kontaktu se vzorem. Jsou to snímače, které by měly zareagovat např. na zasažení vojáka chemickou látkou a vpravit mu protilátky do těla.

Integrace snímačů s textilním zbožím a výrobky probíhá přes vybrané aplikace, které by měly mít v oděvu určitý řád, jako je tomu např. na obr. 8. Takové uspořádání je odlišné podle typu použitých senzorů a zamýšlené funkce „chytrého trička“.



Obr.8 Vytvoření inteligentních šatů

Popis Obr. 8:

1. Integrované napájení a vodivé stopy
2. Zpětná vazba na kusu oděvu
3. Integrované snímače do šatů, např. použití funkčních výrobků
4. Rádiový vysílač
5. Datový zápis (základní stanice a laptop)

Elektronické materiály mohou být do textilního zboží integrovány pomocí vodivých kovových osnov (BEKINOX), vodivých polymerů nebo tvárného optického vlákna (LUMINEX).



Obr. 9 BEKINOX - vodivá nit



Obr.10 LUMINEX – optické vlákno

Způsoby integrování mohou být:

- tkaním
- pletením
- výšivkami
- potiskem

Elektronické textilní zboží potřebujeme přesně spojit tak, aby zapadalo jeden do druhého a to můžeme zajistit několika způsoby:

- **pájením:** je to dobré spojení, ale není ideální kvůli jedovatosti a také malé pružnosti
- **lepidlem:** používají se vodivá lepidla
- **sešitím:** používá se sevření, při šití elektrických obvodů, pomocí svorek. Je to výborné spojení mezi textilií a elektronikou

2.1.2 Druhy technologií

Použití vhodné technologie má vliv na konečnou funkci inteligentního oděvu. Proto se musí volit pečlivě a s rozvahou. Mezi dvě nejznámější technologie, které se již dlouhodobě zabývají připojením snímačů, spínačů nebo různých elektronických součástek, se nazývají QTC a SOFTSWITCH.

QTC textilní technologie se zabývá textilními spínači a snímači a řeší zapojení elektronického vybavení do textilního zboží za použití pouze textilní technologie. Tyto senzory a spínače dokáží udržet komfort a citlivost textilního zboží. Propojení vodivých a spínacích jednotek je tvořena dvěma nebo třemi vrstvami polyesteru. Vodivé vedení může být např. zajištěno stříbrem pokrytým nylonovým vláknem vetkaným po osnově. Jednou z možností, jak dosáhnout spojení, je pomocí horkého roztaveného vodivého lepidla.

Mohou se tvořit spínače i snímače použitím jednoduché laminátové stavby, která při kombinaci materiálů, může sloužit jako pružný spínač a to dovoluje přiložení k obloukovým nebo pohyblivým se povrchům, které se dají i svinout. Lze je řezat i dělit stříháním.

Jinou technologií je SOFTSWITCH, jejíž výrobky jsou citlivé na stlačení a právě mechanické zatížení se projevuje u těchto výrobků velkou změnou v ohmové odporu a díky tomu dokáží zjistit sílu působení.

Tato odezva dovoluje SOFTSWITCH výrobku být užíváný jako spínač, tak i tlakový snímač. Užívaný spínač je omyvatelný, trvanlivý, přizpůsobivý k 3D tvarům a také tvarově stálý. Tyto spínače opatří funkčnost elektronických orgánů a umožní přímé spojení mezi oděvem a elektronickou částí.



Obr.11 Snadné zabudování textilních tlakových senzorů-
ukázka výrobků: bunda od firmy BURTON, která má zabudovaný MP3 přehrávač
v levém rukávu; skládací klávesnice od firmy ELEKSEN

2.2 Uplatnění

Uplatnění, výše uvedených senzorů, může být opravdu kdekoliv. Mohou mít funkci sledovací, v případě zdravotní péče nebo při sportu, a další možností je spojovací funkce, kdy při stisku tlakového snímače se přes vodivou síť poveš spojí se zabudovaným elektronickým přístrojem.

Zdravotní péče

Měřením fyziologických parametrů (jako je EKG, teplota, atd.) můžeme určovat diagnózu a preventivně kontrolovat životní styl.

Zdravotní stav se sleduje také u sportovců. Pomocí snímačů, které zpracovávají získávané informace, jež jsou následně porovnány s fyziologickým odhadem z laboratoře, se ověří sportovcovo zdraví (nemoc, zranění, únava) a monitoruje účinnost tréninku. Díky tomu je možno kontrolovat individuální tréninkový plán. Měří se zde EKG, puls nebo pot..

Sledování zranění

Další možností uplatnění senzorů je i během procesu hojení zranění.

Pokud sledujeme proces hojení, sledujeme hlavně krev a tělesné tekutiny. Rychlost hojící se rány závisí na stavu těla a lokalizaci zraněného, přítomnosti a nepřítomnosti nákazy.

Na začátku se nám může zdát zranění dobré, ale jakmile začneme zaznamenávat zhoršení, je často příliš pozdě a zranění se už nemusí hojit normálně.

Následující snímače se uplatňují při sledování zranění:

- **kolorimetrické pH snímače** – pH hodnota udává nákazu nebo stupeň hojení
- **oximetrický snímač pulsu** – ukáže okysličení nervové tkáně, které je důležité pro hojení rány
- **imunosenzory** – objeví růstové faktory a histamin (produkt vzniklý při rozkladu aminokyseliny obsažené v krevním barvivu)

Sledování zranění u těchto snímačů, je samozřejmě jen jedna z možností, kde se mohou uplatnit. Každý z nich má svůj hlavní směr, pro který byl stvořen. Například výše zmíněný oximetrický snímač pulsu, se používá i pro sledování dechové frekvence člověka [Viz podkapitola 2.2.1].

2.2.1 Snímače pulsu

Snímače pulsu jsou pro tento projekt nejdůležitější. Inteligentní oděv má sledovat tělesné funkce člověka a zareagovat na případné změny. Ale musí být schopný rozpoznat fyzickou zátěž (např. běh) nebo případné zranění, kdy v obou případech se tep i dech nositele zrychlí. A samozřejmě smrt.

Dechovou frekvenci můžeme zjišťovat pomocí tří způsobů:

- 1) Pulsní oximetrií
- 2) Akceleračních senzorů
- 3) Senzorů pro měření EKG

1) Pulsní oximetrie [14]

Jedná se o neinvazivní způsob měření saturace kyslíku v krvi a umožňuje měřit i srdeční tep, což souvisí právě s principem pulsní oximetrie.

Princip

Kyslík vdechovaný do plic, zde proniká do krve, která je srdcem pumpována do těla. Největší část kyslíku je nesena molekulami hemoglobinů, tj. látkou obsaženou v červených krevních buňkách. Hemoglobin existuje ve čtyřech formách:

- oxyhemoglobin (HbO_2)
- redukovaný hemoglobin (Hb)
- karboxyhemoglobin (HbCO)
- methemoglobin (MetHb)

Princip transportu kyslíku krví spočívá ve vazbě molekul kyslíku O_2 na redukovaný hemoglobin Hb, který následně jako oxyhemoglobin HbO_2 nese kyslík. Podíl oxyhemoglobinu ku celkové koncentraci hemoglobinu je označován jako saturace kyslíku SpO_2 a udává se zpravidla v procentech.

Světlo dopadající na vrstvu určité látky může být zeslabeno absorpcí, odrazem a rozptylem. Principem pulsní oximetrie je závislost koncentrace rozpuštěné látky k množství světla jí absorbované. Koncentraci roztoku lze určit z množství světla o dané vlnové délce jím absorbované za předpokladu, že na vrstvu dopadá světlo s jednou vlnovou délkou λ . Pokud jsou v roztoku dvě látky s rozdílnými absorbčními spektry, můžeme z poměru světla absorbovaného na dvou vlnových délkách určit poměr koncentrace těchto látek. V pulsní oximetrii se zpravidla používá vlnových délek 660nm (červené světlo) a 910nm (infračervené světlo), kde u sledovaných látek (oxyhemoglobin a redukovaný hemoglobin) dochází k největšímu rozdílu. Pomocí dvojice LED diod o těchto vlnových délkách a fotodiody je měřena absorpce průchodu světla skrz prst či ušní lalůček

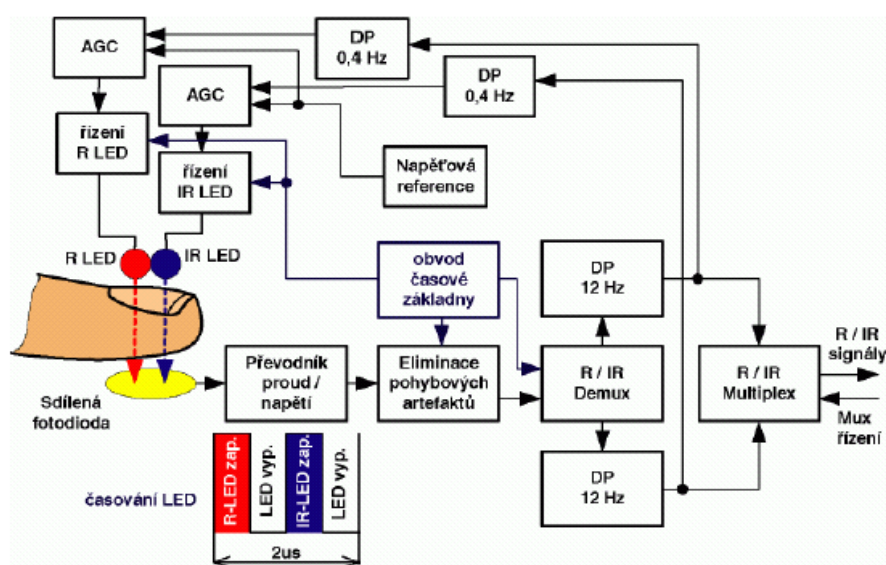
Pulsní oximetrie je založena na měření změny objemu artérií při každém tepu srdce, neboť to umožňuje eliminovat ostatní absorpční vlivy a měřit pouze arteriální krev.

Například pokud je snímač na prstu, pak se nejedná o homogenní prostředí, poněvadž kromě tkáně obsahuje prst i kost atd. Měření tedy není prováděno jen na jedné vlnové délce, ale je využit širokospektrý sdílený fotosnímač. Dále se zde projevuje vliv konstrukce snímače a využitých prvků, a proto pro správnou funkci oximetru je nezbytné realizovat jeho kalibraci. Ta je zajištěna měřením na dobrovolnících a

následným porovnáním s kalibrovaným oximetrem nebo invazivně z odebrané krve laboratorním rozbořem.

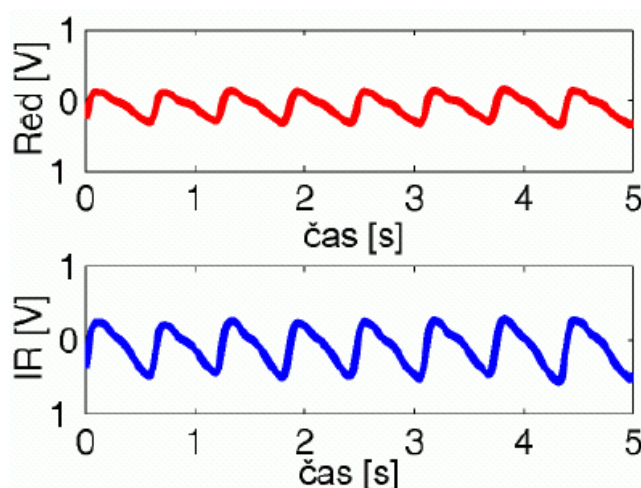
Realizace

Prst pacienta je vložen do klipu zahrnujícího dvojici LED diod o vlnových délkách 660 nm (červená – R LED), 910 nm (infračervená – IR LED) a sdílený detektor realizovaný fotodiodou. Dvojice LED diod je cyklicky přepínána, přičemž mezi přepnutím LED je časový úsek, kdy LED diody nesvítí. Signál fotosnímače v tomto čase je využíván pro eliminaci pohybových artefaktů a vlivu okolního osvětlení.



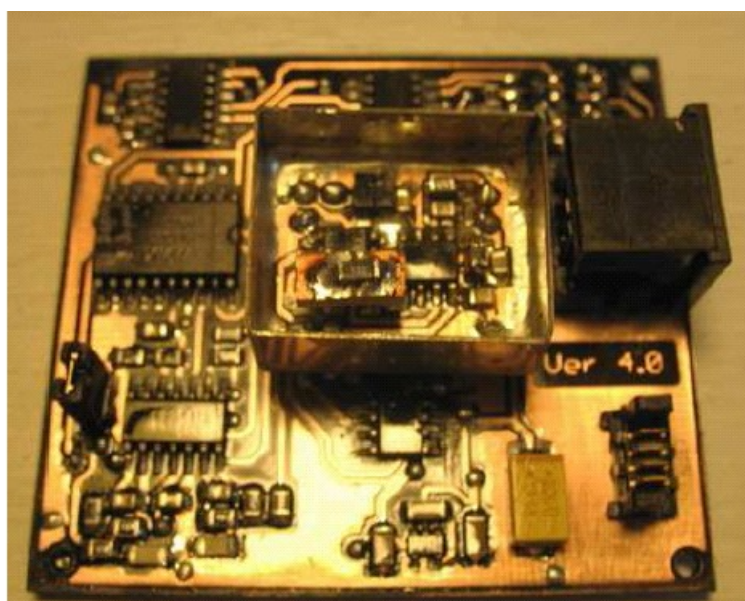
Obr.12 Blokový diagram modulu oximetru.

Fotodioda pracuje v proudovém módu. Ve vstupním modulu oximetru je nejprve převeden proud fotodiodou na napětí. Následně s pomocí tohoto signálu, v okamžiku vypnutí LED diod, je eliminován vliv okolního osvětlení a vliv pohybu prstu v klipu (pohybový artefakt). Poté je demultiplexován signál od červené a infračervené diody. Každý z nich je filtrován dolní propustí o mezním kmitočtu 12 Hz. Modul rovněž zahrnuje bloky řízení LED diod. Zde je proud diod řízen tak, aby stejnosměrné složky demultiplexovaných signálů od červené a infračervené LED měly stejnou úroveň dle napětíové reference. Následně jsou signály opět multiplexovány a signál je převeden do analogově digitálního převodníku sdíleného mikroprocesoru. Přepínání multiplexoru je řízeno vlastním procesorem.



Obr.13 Časový průběh střídavé složky signálu červené a infračervené.

V mikroprocesoru je pak během každého srdečního tepu vypočten poměr rozdílů maximálních a minimálních hodnot signálů od červené a infračervené LED. S takto určeného poměru R je stanovena dle kalibrační křivky hodnoty nasycení kyslíku SpO_2 . Hodnoty jsou dále průměrovány a zobrazovány na displeji.



Obr.14 Realizovaný modul plsního oximetru.

Tento způsob zjišťování dechu, by musel být realizován, v našem případě, do rukavice. Jelikož tato metoda není ještě natolik vynalezená, aby dokázala prosvítit celou paži a mohl být tedy integrován do oděvu.

2) Akcelerační senzor [39]

Akcelerometry, neboli senzory pro měření zrychlení jsou vhodné pro měření odstředivých a setrvačných sil, případně také pro určování v jaké pozici se měřený předmět nachází.

Princip

Tento senzor zrychlení je složen ze dvou hlavních částí. Vlastního senzoru – mechanické části – povrchově integrované měřící buňky G – cell a integrovaných obvodů ASIC pro zpracování signálů ze senzoru. Vše je integrováno v monolitickém obvodu. Princip měření je založen na změně kapacity v důsledku působení síly na pouzdro senzoru.

Senzor (G-cell) obsahuje polykrystalický křemíkový prvek zavěšený mezi dvěma pevnými polykřemíkovými plátky (buňka G). Akcelerační síly působící na senzor prohnou křemíkový prvek a tyto deformace se následně promítnou do změny výstupní kapacity senzoru. Buňka G má tlumicí vlastnosti s možností omezit amplitudu kmitu při překroční rozsahu. To ji chrání před mechanickým poškozením.

Změnu kapacity buňky G – cell vyhodnocuje obvod ASIC, který se stará o měření, úpravy signálu, jeho filtrování a kompenzaci teploty.

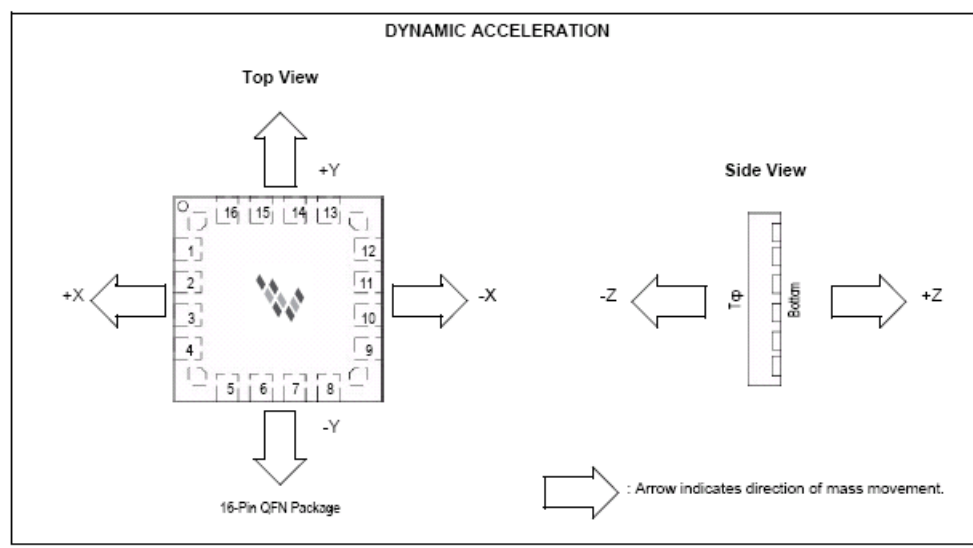
Mezi představitele takovýchto akcelerometrů patří integrovaný akcelerační senzor MMA 7260Q od firmy Freescale.

Jedná se o kapacitní senzor zrychlení, který snímá pohyb ve 3 osách (X,Y,Z výstupy). Měří nízké hodnoty zrychlení (malá g). Akcelerační senzor – snímací prvek – je přímo integrován v jedné součástce společně s obvodem zpracování signálů (ASIC), které převádí působící zrychlení na výstupní napěťový signál. V mnoha současných zařízeních nalezne takovýto akcelerační senzor využití.

Citlivost tohoto akceleračního senzoru je nastavitelná ve čtyřech stupních pomocí dvou logických vstupů g-Select1 a g-Select2. Těmito vstupy se nastavuje vnitřní zisk senzoru a tím pádem rozsah a citlivost. Senzor může být pomocí logického signálu uveden do režimu Sleep, ve kterém odebírá skutečně zanedbatelný proud.

Vlastnosti

- U senzorů můžeme vybrat různou citlivost v několika krocích, a to 1,5g, 2g, 4g, 6g, 8g, 10g
- Maximální zrychlení senzoru bez poškození je $\pm 2000g$.
- Teplotní rozsah, ve kterém může senzor pracovat je od -20°C až do 85°C
- Senzor má vysokou citlivost, a to 800mV/g při zvolené citlivosti 1,5g.
- Velmi rychlá je odezva senzoru při připojení napájecího napětí, typicky 1ms.
- Senzor má masivní provedení, je funkční i při velkém nárazu.
- Senzor neobsahuje olovo, je tzv. Pb – Free.



Obr.15 Příklad orientace akceleračního senzoru pro měření v osách X, Y a Z.



Obr.16 Pohled na spodní stranu senzoru s pájecími ploškami.

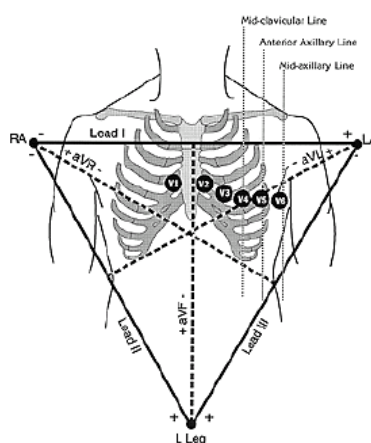
Vytvořením trička, které má ve své struktuře zabudované 3 akcelerometry, se dosáhne toho, že software oděvu dokáže objevit uživatelské aktivity. Zda sedí, stojí, prochází se nebo jde do schodů.

3) EKG senzory [8], [19]

Elektrická aktivita se měří pomocí elektrokardiogramu – EKG. Lidské srdce je z technického hlediska obdivuhodným orgánem, který je schopen pracovat bez přestávky 24 hodin denně po celý život člověka. Srdce se přitom stáhne zhruba 100 000krát denně, přečerpávající v klidu okolo 5 – 7 000 litru krve, při běžné zátěži až jednou tolik a při těžším cvičení až 5krát tolik krve v průběhu 24 hodin.

Elektrody a svody pro snímání EKG

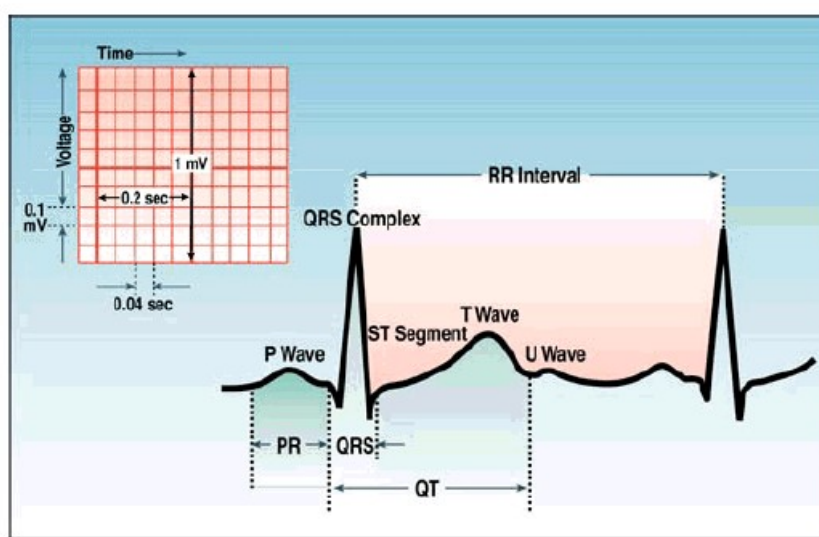
Místa pro snímání potenciálu (elektrody) jsou nejčastěji na končetinách a na hrudníku – podle standardních metodik se jejich počet pohybuje od 3 do 10. Existují i jiná místa pro umístění svodů, jsou však většinou užívána pro speciální účely. Standardní EKG svody s označením I, II a III (Einthovenovy svody) jsou tzv. bipolární a registrují vždy rozdíl potenciálu mezi dvěma elektrodami (Einthovenův trojúhelník – Obr. 19). Elektrody se umístí na předloktí obou rukou a levý bérce, zatímco pravý bérce se zemní. Aby nedošlo k chybné interpretaci, jsou jednotlivé elektrody označeny barevně. Ostatních šest elektrod je unipolárních jsou to svody hrudní (označené V1 – 6), rozmístěné podél medioklavikulární čáry. Hrudní elektrody snímají potenciály vzhledem k tzv. centrální svorce



Obr.19 Základní trojúhelník pro umístění EKG svodů

Měření EKG

Výstupem z měření na elektrokardiografu jsou EKG křivky, zobrazované na stínítku obrazovky nebo zaznamenávané na vhodném mediu. Křivky průběhu signálu na jednotlivých svodech jsou sice samy o sobě zajímavé, pro stanovení diagnózy však má rozhodující význam spolu s anamnézou a klinickým obrazem správný popis těchto křivek, resp. jejich interpretace. Moderní EKG přístroje jsou schopny se chovat jako expertní systém, tj. podle charakteru nasnímaných hodnot identifikovat určitá onemocnění.



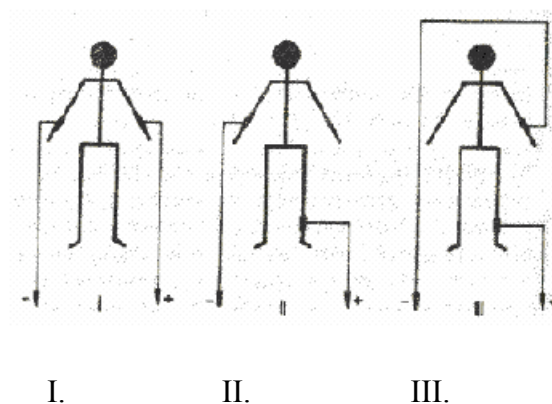
Obr.20 EKG křivka

Do skupiny nejvíce používaných svodů patří:

- bipolární končetinové svody dle Einthovena, které jsou označovány I, II, III
- semiunipolární svody dle Goldbergera, označované symboly aVR, aVL, aVF
- unipolární svody hrudní dle Wilsona, které jsou označované symboly V1, V2, V3, V4, V5, V6

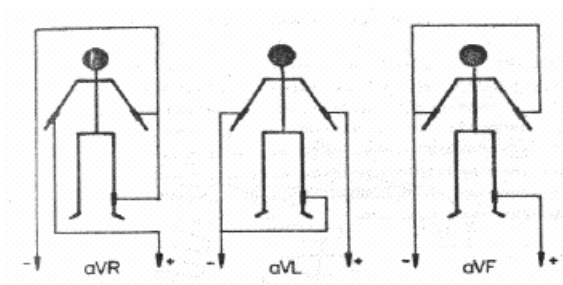
Končetinové svody dle Einthovena jsou bipolární. Elektrická informace vždy ze dvou elektrod uložených na končetinách je přímo vedena ke vstupním svorkám zesilovače. Čtyři elektrody uložíme nad zápěstí a kotníky. Z elektrod jsou vedeny signály, tak jak ukazuje obrázek 21. Svod I zesiluje napěťový rozdíl mezi horními končetinami, svod II mezi pravou horní a levou dolní končetinou a svod III pak zesiluje

rozdíl napětí mezi levou horní a dolní končetinou. Mezi bipolárními končetinovými svody platí vztahy: $I+II=III$ a $II+III=I$ a $I+III=II$.



Obr.21 Popis umístění končetinových svodů

Semiunipolární Goldbergovy svody registrují potenciálový rozdíl mezi jednou elektrodou končetinovou a průměrem napětí dvou elektrod zbylých, jak schematicky zobrazuje obrázek 22. Průměr napětí zbylých dvou končetinových elektrod je vytvořen jejich spojením do uzlu přes rezistory.

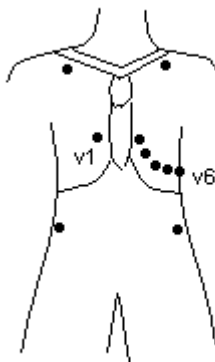


Obr.22 Popis umístění semiunipolárních svodů

Unipolární hrudní svody převrací vstup diferenciálního zesilovače, který je veden na tzv. Wilsonovu svorku – vzájemné spojení všech tří končetinových elektrod. Běžný 12-ti svodový záznam používá 6 hrudních unipolárních svodů, které jsou označeny symboly V1 až V6. Místo pro uložení jednotlivých elektrod jsou vyznačena na obrázku 23.

- V1 leží ve 4.mezižebří těsně vpravo u hrudní kosti
- V2 leží ve 4. mezižebří těsně vlevo u hrudní kosti
- V3 leží uprostřed mezi V2 a V4

- V4 leží v 5. mezižebří v čáře medioklavikulární vlevo
- V5 leží mezi V4 a V6
- V6 leží ve stejné výšce jako V4 ve střední podpažní čáře vlevo



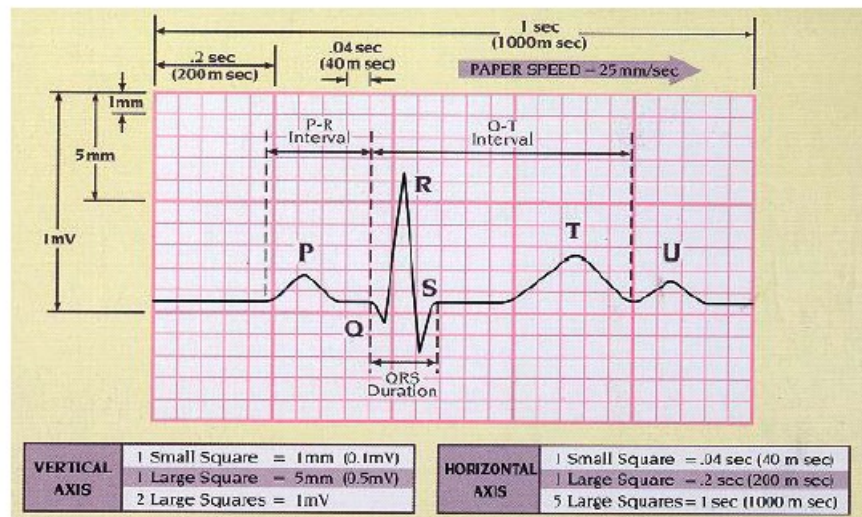
Obr.23 Jednotlivá místa umístění elektrod na těle

Rozmístění EKG elektrod a svodů na „chytré tričko“

V lékařství používáme nejčastěji 12ti kanálový elektrokardiograf. Nezbytným předpokladem je sledování EKG křivky na monitoru a eventuelně automatická kontrola srdeční frekvence na kardi tachometru. Důležitá je volba optimálního svodového systému EKG při zátěži. Vhodné je použít co největší počet svodů. EKG by bylo možno měřit nejméně s použitím 3 elektrod, ale nebude samozřejmě tak kvalitní. Uspořádání s 6 - 10ti svodovými elektrodami EKG, umožňuje kvalitní záznam i při fyzické zátěži. Elektrody pro horní končetiny fixujeme na končetinách nebo nad hřeben lopatky, elektrody pro dolní končetiny nad hřeben lopaty kosti kyčelní. Nejvíce změn je možno zachytit ve svodech V4 až V5, protože se nacházejí u srdečního hrotu (u mužů je dva prsty pod bradavkou prsu).

EKG signál

Na obrázku 24 je zobrazen signál ze svodu II. Části signálu jsou na obrázku označeny podle současných zvyklostí.



Obr.24 Popis částí EKG signálu.

Součástí záznamu se stává datum a čas měření, a základní informace o pacientovi. Většina přístrojů je vybavena automatickou detekcí nežádoucích šumů.

Kvalita EKG záznamu při zátěži závisí na těchto faktorech:

- přípravě kontaktní plochy na kůži, kde je třeba použít kontaktního gelu či roztoku pro zvýšení vodivosti,
- k volbě vhodných elektrod užíváme elektrody pro neklidové podmínky- tzv. floating elektrody, které je třeba pečlivě fixovat,
- technických parametrech kardiografu.

Kvalita je nejen důležitá při měření zátěžových testů, ale také při měření EKG vojáků na bojišti. Proto by měly splňovat všechny tyto faktory, aby záznam srdce byl co nejpřesnější a lékaři mohly pracovat s co nejlepšími výsledky a určovat přesnou diagnózu.

Výsledek testu hodnotíme na základě:

- Subjektivních a klinických ukazatelů
- EKG změn
- Reakce srdeční frekvence a krevního tlaku na zátěž
- Výkonnosti vyšetřovaného

Při snímání EKG, lze také zjistit i dech nositele. Je to díky svodu pro pravou horní končetinu a svodu pro levou dolní končetinu. Tyto dva svody dokáží sledovat pohyb hrudi a tedy i dech člověka. Výsledek ve formě čísla se zobrazí na monitoru vedle EKG křivek.

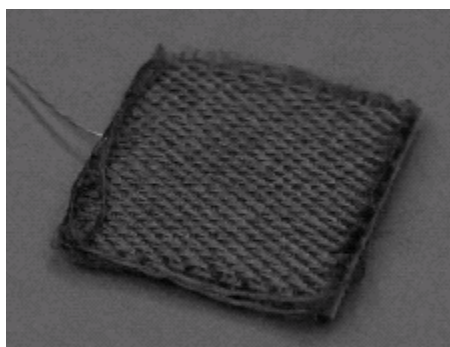
Typy elektrod pro měření EKG

1. Kendall ARBO

Tyto EKG elektrody typu H92, H91 + další varianty, jsou oválné a neobsahují latex ani PVC. Jsou určeny pro jednorázové použití a skládají se z pěnového nosiče s “pevným gelem” a senzoru z Ag/AgCl. Skladování elektrod musí být v originálním obalu, v suchu a temnu za teplot 12 – 26°C.

2. TEXTRODES

Pro měření EKG byl vyvinut i tzv. TEXTRODES, což je tkaná nebo pletená antikorozi ocelová elektroda. Výhodou této elektrody je možnost integrace do košile a její nedráždivý charakter (na rozdíl od gelové elektrody), ale v tomto případě hlavní nevýhodou spatřujeme vysoký odpor kůže-elektroda. [38]



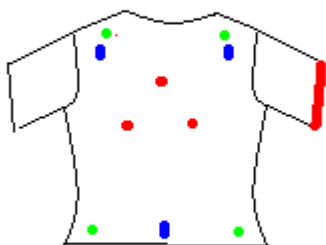
Obr. 25 TEXTRODES

2.2.2 Vlastní návrh rozmístění senzorů na tričko

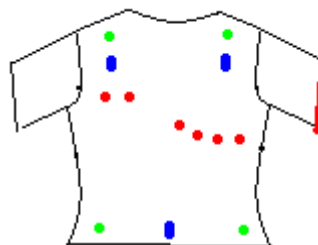
Proto, aby výsledek byl přesný, musí umístění senzorů splňovat tyto požadavky:

- senzory na EKG by měly být v přímém kontaktu s pokožkou a hlavně umístěné na předem daných bodech, které jsou popsány v předchozí kapitole
- senzory akcelerační byly použity pouze tři, což stačí na popsání roviny – tedy pohybu člověka (jestli sedí, leží, běží...) a také na měření dechu

Obr.27 Popisuje rozmístění minimálního počtu senzorů EKG (červená barva) a svodů pro horní a dolní končetiny (zelená barva). Dále jsou tam umístěné akcelerační senzory (modrá barva), které hlídají dech a současně snímají pohyb nositele. Na dolním okraji levého rukávu, je umístěn pásek pro měření tepu.



Obr.26 Minimální počet EKG senzorů



Obr.27 Maximální počet EKG senzorů

Na Obr.28 je rozmístěno 12ti svodové uspořádání s elektrodami EKG (červená a zelená barva) - tedy maximální počet EKG senzorů, a opět uspořádání akceleračních senzorů (modrá barva) a pásku pro sledování tepové frekvence.

Jinou variantou by mohlo být tričko bez senzorů EKG. Místo nich by tam byl použit pás, pouze se dvěma svody, který se umísťuje pod prsy. Výsledkem z tohoto pásu by nebyly EKG křivky, ale pouze tepová frekvence v tepech za minutu [Viz Obr. 39, nalevo].

Zjištěný problém

Umístění maximálního počtu EKG senzorů je vzhledem k anatomii postavy velmi problematické. Jedná se hlavně o hrudní část. Tento inteligentní oděv nebude používán jen muži, ale i ženami, ať už je to v armádě nebo v lékařství. A zde nám nastává problém ve vystouplém poprsí.

Na obrázku 23. jsou zobrazena jednotlivá místa, kam se umísťují běžně elektrody při měření EKG. Z obrázku je patrné, že elektrody V1, V2 a V3 se nacházejí v partiích mezi prsy, kde oděv, i přesto že je elastický, nekopíruje tvar hrudníku. Z toho vyplývá, že zabudované senzory v oděvu nebudou měřit a výsledky budou nesmyslné.

Řešení vzniklého problému může být složité, jelikož ve struktuře inteligentní textilie se nacházejí speciální vlákna. Tím nám odpadá možnost konstrukčně vytvarovat oděv, protože tričko je vytvořeno bez možnosti stříhání a šití kvůli optickým vláknům.

Mohli bychom uvažovat s touto možností, pokud by oděv měl dvě vrstvy. Spodní vrstva by byla konstrukčně tvarovaná, aby přesně kopírovala hrudník. V této vrstvě by byly zabudované senzory a elektricky vodivá síť. Vrchní vrstva by mohla obsahovat optická vlákna a být vytvořena bez potřeby stříhání. Spojení by se provedlo v dolním okraji rukávů, průkrčníku a dolním okraji oděvu. V tomto případě by dvojitost oděvu nemusela zajišťovat dostatečný komfort nositeli.

Jednodušším řešením se naskytuje možnost na obrázku 27. Problematické elektrody V1 a V2 jsou posunuté směrem doprava nad pravý prsní sval a elektroda V3 je naopak posunuta více doleva pod levý prsní sval. V těchto oblastech je oděv přilnavý k tělu, takže by elektrody byly schopné snímání. Tato možnost byla vyzkoušena v laboratorních podmínkách Technické Univerzity v Liberci pod katedrou tělesné výchovy.

Bylo použito tričko co nejvíce přilnavé k tělu, tedy z elastických a polyesterových vláken. Přilnavost senzorů se podařila, ale naopak se vyskytl jiný problém, a to právě z vláknenného složení trička. Protože při měření během pohybu nositele, docházelo k tření mezi senzory a tričkem a začal se vytvářet elektrostatický náboj, který rušil měření senzorů a výsledky vyšly nesmyslné. Tím se ověřila nutnost použití jednotlivých vláken uvedených v podkapitole 1.1.2, které jsem bohužel neměla k dispozici.

2.3. Rádiové spojení

Pro užití inteligentního oděvu, zamýšlené v této práci, je třeba získané informace ze zabudovaných senzorů přemístit do centrály, kde budou následně zpracovány a vyhodnocovány. K tomu je třeba zajistit rádiové spojení.

Rádiové volby mohou být

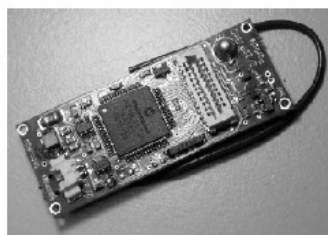
Bluetooth, RFID, GPRS, GPS a další.

Různé typy bezdrátových platforem, které by se dali využít pro tento projekt a zabudovat se do oděvu:

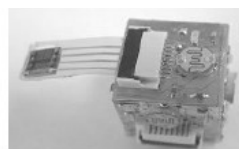
- Mica2/Mica2Dot
- uPart/pPart
- 25 mm/ 10 mm cube modules



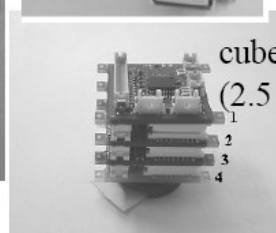
uPart (2 x 2cm)



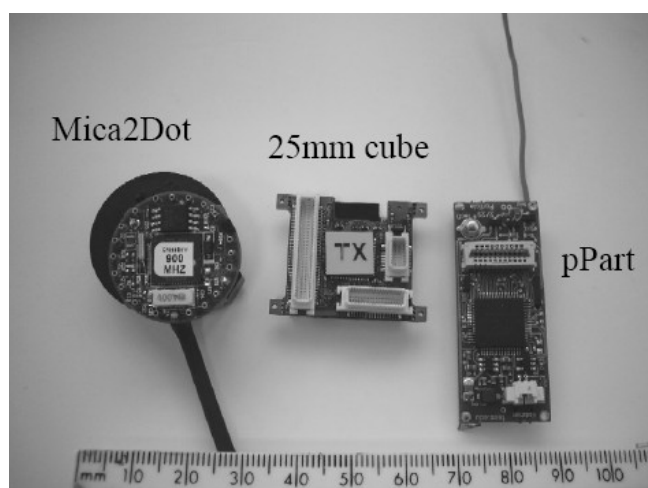
pPart (4.5 x 1.8cm)



cube
(1 x 1cm)



cube
(2.5 x 2.5cm)



Mica2Dot

25mm cube

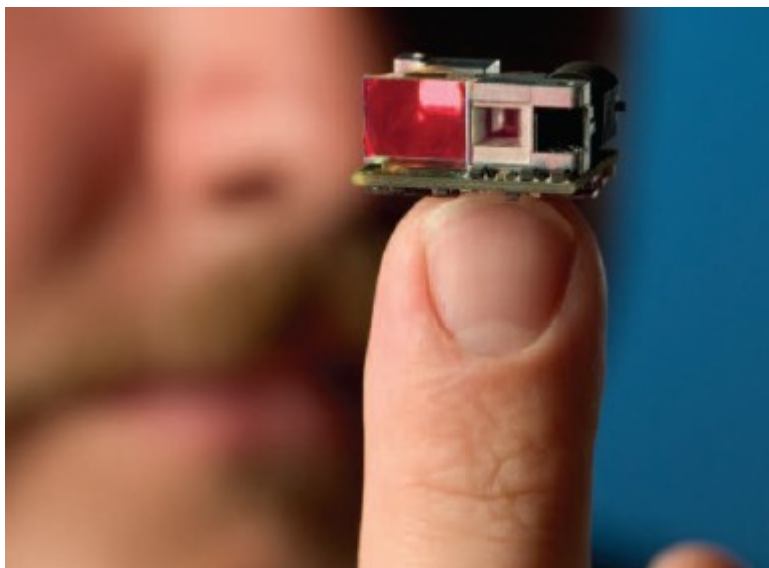
pPart

Obr.28 Ukázka druhů a velikostí platforem.

2.4. MEMS [18]

MEMS jsou mikroeletromechanické systémy a technologie, které se zabývají výrobou miniaturních součástek. Umožňují realizovat miniaturní části, které by se dali zabudovat do textilní struktury.

MEMS kombinuje elektrické obvody s miniaturizovaným mechanickým zařízením, jako jsou čidla, motory, pumpy a jiné součástky, které jsou rozloženy po silikonovém substrátu, který může být menší než zrnko písku.



Obr.29 Ukázka velikosti MEMS součástky.

Společnost Intermec, která se zabývá právě MEMS technologiemi, má v úmyslu rozšířit výsledky svého bádání do co nejvíce technologických oblastí. Zabývá se vývojem a uplatněním MEMS na mnoha polích působnosti jako například:

- v automobilovém průmyslu, kde senzory MEMS (mikroeletromechanický systém) sleduje rychlost, zrychlení a zpomalení. Automaticky v případě nutnosti spustí antiblokační systémy a v krizových momentech odjistí airbagy.
- jiná zařízení MEMS pomáhají vytvořit čistý a ostrý obraz u projektovacích systémů a televizí
- umožňují přepínání v optických sítích a v reálném čase doručí obrazy a informace z bojiště přímo k americkým vojákům
- zabývají se bádáním ohledně laserových skenerů, které by sloužili nejen pro skenování a dekodování lineárních a 2D čárových kódů, ale také, jak by se mohly

uplatnit skenovací technologie v lékařství. Mezi první použití MEMS v lékařství vědci uvažují o nahrazování poškozených optických buněk tak, aby se zabránilo oslepnutí a navrátil se zrak, dále i o bio-ponorkách, které by byly vstříknuty do lidského těla, kde by vyhledaly nemocné buňky, pomohly by srdci přečerpávat krev nebo by pomáhaly jiným orgánům.

A právě myšlenka o bio-ponorkách, by se dala využít v inteligentních oděvech. Jak již bylo zmíněno v lékařském využití, inteligentní oděv je schopný vpravit protilátky, léky a jiné různé medikamenty do těla. Tak proč by nemohl do lidského těla vstříknout mikroponorku, která by vyhledala dané selhání orgánu a dokázala ho vyléčit.

3. Napájení [32]

Po inteligentním oblečení požadujeme, aby bylo lehké, flexibilní a bez problémů vypravitelné. Proto nemůžeme mít obleky závislé na pevné síti, ale je třeba užít jinou možnost napájení.

Máme několik způsobů:

1. Použití klasické, pomocí elektricky nabitě baterie vložené do oděvu. Ta však omezuje funkci oděvu a vyžaduje dobíjení.
2. Dalším způsobem jsou fóliové akumulátory. Jsou přímo integrované v oděvu a trvale dobíjené pomocí solárních článků. Ty jsou umístěné v oblasti ramen, kam dopadá nejvíce slunečního záření. Aby bylo možné solární články pružně přimknout, musí se zapouzdřit a rozdělit do malých segmentů, které jsou zapuštěny do pružného substrátu.
3. Jinou možností je dobíjení pomocí energie lidského těla. Je to energie vzniklá při pohybu nositele oděvu. Zatím je tento způsob ve fázi zkoumání.
4. Jednou zkoumanou možností je také vestavět do oblečení fotovoltaiické články, které proměňují světlo v elektřinu. Tyto články mohou být také propojeny s bateriemi, aby je mohly nabíjet.
5. Zajímavým způsobem napájení je působení prášku na vlákna při praní tak, že se nabíjí elektrickou energií a tím bychom nemuseli doplňovat neustále nové baterie. Ale tento typ je zatím jen ve fázi zkoumání.
6. Pomocí baterií tenkých jako papír. Baterie Thin Film Batteries jsou podle tvrzení výrobce mnohem tenčí, lehčí, bezpečnější i levnější a baterie bude možné dokonce ohýbat. Uplatnění může být v kombinaci např. se solárními články.

4. Funkce „chytrého trička“

Tato kapitola je zaměřena na dvě téměř stejná trička, které hlídají životní funkce nositele, ať se už jedná o vojáky nebo handicapované pacienty. Prvním z uvedených triček je SmartShirt, druhým LifeShirt. Rozdíl je patrný v názvu, ve výrobcích a také v konstrukčním provedení trička. Jednotlivé typy budou následně podrobněji popsány.

4.1. SmartShirt

Vědci, kteří pracovali na tomto projektu, vytvořili tričko vybavené optickými a elektricky vodivými vlákny, jenž dokážou kontrolovat zdraví vojáků, hasičů, dětí nebo lidí, které jsou po operaci dlouhodobě nemocní. Je to jeden ze zásadních objevů pro další století.

„Chytré tričko“ bylo projektováno ministerstvem obrany USA jako silný pracovní nástroj pro přesné určení zranění vojáka a pro rozhodování lékařů, komu mají pomoci první na bojišti. Je to důležité rozhodnutí, ale právě smartshirt se snaží upřesnit zranění tak, aby lékaři poznali, komu je ještě pomoci a mohou ho zachránit, než ztratit čas záchranou vojáka, který už nemá šanci na přežití.



Obr.30 i Obr.31 Ukázka vedení optických vláken ve SmartShirt.

Tričko dokáže určit přesné zasažení kulky do těla a zranění vojáka. Dále pošle nouzový signál, který upřesní místo zasažené kulkou. Když se vlákno přeruší pomocí kulky nebo střepiny, triko identifikuje úder a počítač spustí veškerá čidla, aby okamžitě snímala tělesné funkce zraněného vojáka. Data se posílají přes družici k lékařům nebo chirurgům v okamžiku zásahu, kdy kulka projde skrz triko.

Zároveň obsahuje malý tvarový mikrofón, který snímá zvukové vlny při průchodu kulky skrz triko a tělo. Zkoušení se provádí u různých druhů kulek, které jsou střeleny do želatiny (podobné lidské pokožce) a vědci tak mapují zřetelný zvuk, kdy je osoba střelena. Triko zapisuje zvuky v těle z různých úhlů a vytváří počítačový obraz ukazující lékařům kudy kulka šla. Vojenské úřady doufají v tuto technologii, že může napomoci k ochraně vojáků.

Informace o stavu člověka jsou získané ze senzorů teploty, srdečního pulsu a rychlosti dýchání. Oděvy mohou být doplněny o mikrofón, který slouží pro podávání informací hlasem. Všechny informace se shromažďují v malém elektrickém zařízení, které je samozřejmě součástí trika.

4.1.1 Výrobce

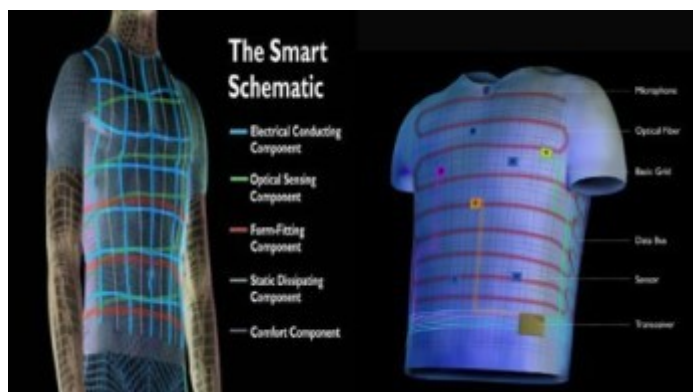
Jedním z největších a nejznámějších výrobců „chytrého trička“ je společnost Sensatex. Je to textilní strojírenská společnost soustředící se na rozvoj inteligentních textilních systémů. Vznikla v roce 1992 a nabízí nad 30 hloubkových výzkumů pro celosvětové sektory. Sensatex vyvinul vzájemnou technologii, která dovoluje snímat, sledovat a zpracovávat informace.

Právě jejich prvním obchodním výrobkem se stalo SmartShirt, které podává zprávy o lidském těle. Sensatex produkt byl vyvinutý u výzkumníku v Gruzii.

Používají se zvláštní typy vláken. Triko může být tkané nebo pletené s vodivými vlákny a snímači. Tato trika využívají nanotechnologicky vetkaná vodivá vlákna do tkaniny, jako rozvodnou síť pro kontrolu, a odesílají informace k hlavnímu počítači.

Hlídají srdce, dýchání, teplotu těla a přenášejí nasbíraná data pro rozbor. Triko je vypracováno dvojrozměrnou stavbou bez potřeby stříhání a šití. Dále musí odolávat praní, aby nebyla způsobena žádná škoda a informace se dále zpracovávali.

Tato technologie se používá v mnohonásobných aplikacích užitečných pro zdravotní péči. Cílem není jen sbírání dat z těla, ale rozvoj systému, který sleduje tělesné funkce a také zprávu vyloží.



Obr. 32 Typy SmartShirt s vyznačením včleněných komponent

Popis trička na obrázku 32 vpravo.

- mikrofon
- optické vlákno
- základní mřížka
- datová sběrnice
- snímač
- multifunkční procesor

4.1.2. Vytvoření

Na základě výše zmíněného projektu došlo ke konstrukci oděvních součástí, které by měly sloužit jako univerzální základní deska a sběrnice pro začlenění senzorů, informačních zařízení, speciálních snímačů označených jako GTWM a opatřit všestrannost pro sledování a zpracování informací.

Tento projekt byl vytvořen pro bojové akce výzkumem návrhu a rozvoje Gruzie Tech Wearable Motherboard (GTWM). Vhodný snímač je zapojený, pomocí rozvinuté spojovací technologie, k základní desce a připojený k jakékoliv části těla nositele, a tím se vytváří flexibilní nositelné monitorovací zařízení. Flexibilní nosič dat přenáší informace k monitorovacímu zařízení a samozřejmě i naopak, kdy informace přenáší k senzoru (k nositeli) z vnějších zdrojů.

GTWM může být užívána v několika odlišných způsobech:

1) GTWM – C (Combat operation)

- slouží pro bojové akce
- může objevit průnik střely a současně sleduje životní funkce (EKG, krevní tlak, teplotu...)

2) GTWM – M (Medical monitoring)

- využití v lékařském sledování
- pro monitorování stavu nositele - používá se u badatelů, lékařských pacientů, atletů nebo pro kontrolu pacientů pod akutní péčí

3) GTWM –P (Personal information processing)

- používá se pro osobní zpracování informací

Senzory mohou být také odděleny od zařízení, čím se jednoznačně zvětší univerzálnost GTWM. Je to díky konektorům, které jsou připevněny k vláknům a do kterých jsou zapojeny jedny konce senzorů a druhé jsou použity k přenosu informací do monitorovacího zařízení. Díky oddělení, senzory nezpůsobují žádná omezení a může být oděv vyprán a vyžehlen bez poškození.

Využití konektorů má i jiné výhody. Díky nim tak můžeme do trička zabudovat nejen senzory pro kontrolu životních funkcí, ale i typy snímačů např. pro světlo, video či signály GPS. Na tričko můžeme napojit relativně neomezené množství senzorů.

4.1.3. Funkce trička

Pokud vezmeme variantu, kdy senzory jsou oddělené od trička, tak popis funkce je následující.

Vojáci si nejprve připevní snímače k tělu a na sebe natáhnou tričko, které také obsahuje senzory. Optická vlákna a další speciální vlákna jsou tkaná všude ve stavbě trička. Určují přesné umístění kulky při zasažení pomocí signálu, který je posílán z jednoho konce optického vlákna k přijímači na druhém konci. Vysílač a přijímač jsou připojeny k osobnímu monitoru (PSM). Pokud světlo nedojde k přijímači, znamená to že voják byl zasažen střelou. Signál jde zpět na PSM z bodu průniku a tím lékař zjistí místo zasažení střelou. Vojákovi životní funkce jsou zjištěny ve dvou cestách: skrz

senzory integrovaná do trika a přes senzory na vojákově těle. Z obou dvou jdou údaje do PSM. Po zranění jsou informace hned elektronicky odeslány z PSM k lékaři.

V této variantě by bylo možno použít např. typ elektrod EKG – Kendall ARBA [Viz podkapitola 2.2.1].

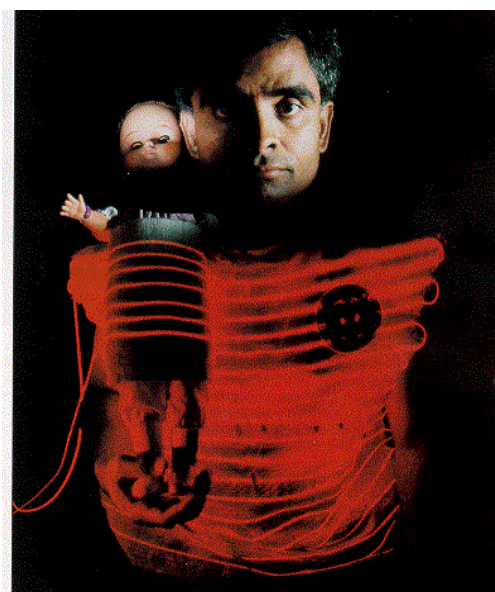
Jinou variantou, mohou být senzory pouze včleněné do oděvu. Zde odpadá připevňování senzorů na tělo, před navlečením trička, jinak funkce je beze změn.

Tady je možno použít např. typ elektrody TEXTRODES [Viz podkapitola 2.2.1].

4.1.4. Možnosti využití [9], [40]

Možné aplikace:

- pro sledování starších lidí
- ambulantní pacienti
- sledování sportovců
- dělníky pracující s ohrožujícími materiály
- pro bojové akce armády
- kontrola životních funkcí hasičů, potápěčů a jiných složek záchranného systému
- řidiče z povolání, kdy triko vyhlásí poplach při únavě
- v polích telemedicíny
- zamezení SIDS novorozenců (syndrom náhlého úmrtí dítěte)
- sledování astronautů

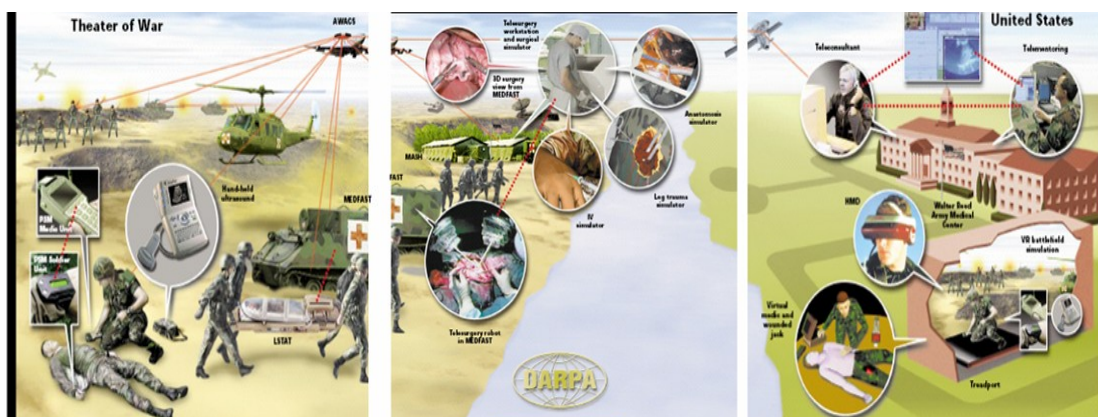


Obr.33 SmartShirt

4.1.4.1 vojenské využití při bojových akcích [36]

V okamžiku zasažení vojáka, tričko vysílá signál s určením polohy zranění a také tělesnými funkcemi. Doktor, ke kterému se dostane tato informace, vyhodnotí situaci a velikost zranění a vyšle ambulantní jednotky na pomoc raněnému vojákovi. A pro ošetření a záchranu vojáka, ihned po zásahu, byl vytvořen program nazvaný Biomedicínká technologie.

Výhodou programu Biomedicínké technologie (ABMT – Advanced BioMedical Technology) je, že byl prvním moderním výzkumem výhod obrany projektovaným agenturou v oblasti zdravotní péče (DARPA). Ta přijala program v roce 1993 jako reakci na snahu objevit lékařské technologie, které by cítily a mohly se postarat o doručování informací vzdálené lékařské péči a vytvořit virtuální skutečnost přes biosenzory a obrazy pro diagnózu, telechirurgické systémy pro pokročilou chirurgii a simulace lékařského a chirurgického výcviku pro bojové akce. ABMT program tak dospěl k sestavení propracované technologie chránící raněného vojáka na vzdáleném bojišti. Ta se stala začátkem revoluce v lékařské péči a je tak základem praxe dvacátého prvního století.



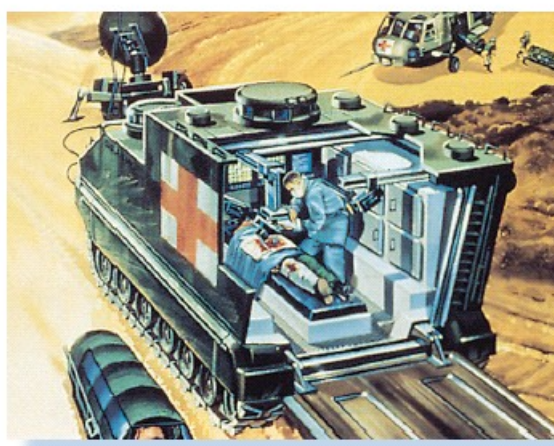
Obr.34 Průběh záchrany zraněného vojáka během bojové akce.

Skutečný a virtuální svět

Tato ilustrace na Obr. 34 popisuje základní pojmy DARPy programu výhodné Biomedicínké technologie. Cílem je zlepšit zdravotní péči při nehodě v bojové akci tak, aby použití ve skutečném, ale i virtuálním světě, splynuly.

Každý voják nosí osobní monitorovací systém stavu (PSM – Personnel Status Monitor), který sleduje životní funkce a polohu nositele. Když je voják zraněn, je tato zpráva automaticky odeslána s upřesněním zásahu a jeho polohou. Zachycením

přenosového ultrazvuku, můžeme určit zda se vyskytlo vnitřní zranění. Jestliže voják může být stabilizován, tak je umístěn v tzv.LSTAT (Life Support for Trauma and Transport), s miniaturizační jednotkou intenzivní péče (ICU – intensive care unit) v nosítkách. Všechny kvalifikace potřebné k záchraně, schopnosti ICU, včetně ventilátoru, tekutinového čerpadla, systému vzkříšení a telemedicíny, jsou tam začleněny. Toto dovoluje chirurgovi v pohyblivé chirurgické nemocnici (MASH – Mobile Advanced surgical Hosital), pomocí monitorovacího systému ošetřovat zraněného během evakuace. Jestliže je voják zraněný tak vážně, že by vykrvácel před příjezdem do MASH, je umístěn do lékařského vozidla s výhodami chirurgické technologie (MEDFAST – Medical Forward Advanced Surgical Technology [Viz Obr. 35]) , což je pancéřovaný transport s instalovaným systémem telechirurgů. Lékař v MEDFAST může dohromady spolupracovat s chirurgem v MASH a provést chirurgický zákrok pro zastavení krvácení. Jakmile je zraněný stabilizovaný, je umístěn zpět do LSTAT a evakuován do MASH, kde čekající chirurgové dokončí chirurgický zákrok. Zpráva je dosažitelná všude na bojišti a velitelských skupinách pomocí telemedicínské sítě a oba telekonzultanti mohou komunikovat v reálném čase stejně jako velitelé pro plánování, logistiku a koordinaci.



Obr.35 MEDFAST

4.1.4.2 Medicínské využití

Tričko zvyšuje pacientovu pohyblivost a zlepšuje kvalitu života handicapovaných pacientů. Tito lidé mohou ležet doma místo v nemocnici, protože díky „chytrému tričku“, na ně lékař může dohlížet až na kilometry daleko. Takovýto počítačový systém se skládá ze tří základních snímačů pro EKG, srdce a dýchání.

Samozřejmě jiné snímače mohou být dodány. Potom zpráva vycházející z čidla putuje k osobnímu přijímači a k lékaři.

V tomto případě nemůže být oděv vytvořen bez stříhání a šití, protože nehybní lidé by se nedokázali obléct a proto musí být vytvořeno zapínání na klasický nebo suchý zip v bočním švu.

Telemedicína

Intelligentní textilie můžeme v medicíně použít nejen k monitorování zdravotních ukazatelů, ale také k terapeutickému využití jako materiály pro inteligentní dávkování léčiv v závislosti na stavu pacienta.

Terapeutické účinky – mikrokapsle s léčivý jsou vetkány v oděvu a díky tomu jsou do těla dodávány medikamenty. Může zde být využit i výše zmíněný MEMS. Aktivují se otěrem těla o oblečení nebo povelém kontrolního systému (změna tělesné teploty, zvýšená vlhkost).

- jiné využití může být pomocí malých elektrických proudů, které aktivují pokožku a usnadňují pronikání léků do těla
- nebo to mohou být oděvy s ultratenkými vibračními podložkami, které masírují části těla (pro sportovce nebo dlouhodobě ležící)



Obr.36 Podoba SmartShirt pro lékařské nebo sportovní použití.

Inteligentní textilie, které se využívají v lékařství, nemusí být jen ve formě trička, ale např. i ložního prádla. Podstatou pořád zůstává, vyhledání selhaných funkcí a včasné zareagování.

Ložní prádlo [41]

Philips nedávno představil ložní prádlo, které dokáže měřit EKG a zjistit kvalitu spánku. Toto biomedicínké ložní prádlo s novou technologií umožňující lépe bojovat s kardiovaskulárními chorobami, poskytuje informace o respirační činnosti, pulsu pacienta a jeho EKG pomocí speciálních senzorů citlivých na tlak. Cílem nové technologie je pomoci při léčbě pacientů trpících chronickou srdeční chorobou a zároveň umožnit efektivní formu prevence nemoci.

Povlečení, které „přečte“ kvalitu spánku

Nově vyvinuté biomedicínké povlečení umožňuje sledovat pacienta během noci a analyzovat kvalitu jeho spánku. Údaje jsou měřeny pomocí speciálních senzorů vetkaných do látky polštáře a dolního konce prostěradla. Povlečení dokáže při kontaktu s pokožkou měřit EKG, sleduje také puls spícího člověka a jeho roztahující či smršťující se hrudník.

Všechny informace o respirační činnosti, tepové frekvenci a činnosti srdce jsou vyhodnoceny pomocí algoritmů vyvinutých speciálně ve vědeckých laboratořích Philips. Pacient má k dispozici také informační zařízení podobné mobilnímu telefonu, na jehož displeji si může přečíst vyhodnocení nočního monitorování hned následující ráno. Společně s údaji o kvalitě spánku mu systém nabídne také informaci, jak může svůj spánek zlepšit. Citlivost biomedicínkého ložního prádla je velmi vysoká. Vědci ve výzkumných laboratořích Philips museli vyřešit problém s „odfiltrováním“ šumu v toku dat, aby bylo možné respirační činnost a puls měřit opravdu spolehlivě a zjistit tak skutečnou kvalitu pacientova spánku.

Pyžamo, které měří EKG

Dalším nástrojem včasného diagnostického řešení srdečního onemocnění je speciální noční oděv, který pomocí všitých textilních elektrod EKG měří činnost srdce spícího člověka. Velkou roli zde hraje design „pyžama“ – úkolem vědců společnosti

Philips bylo zajistit, aby bylo pohodlné z hlediska nošení, omyvatelné, udržovalo dobrý kontakt s pokožkou při pohybu pacienta a neobtěžovalo jej při spánku.

Speciální pyžamo je společně s manžetou na měření krevního tlaku zdrojem klíčových měřitelných údajů, které lékaři potřebují pro úspěšnou detekci selhání funkcí nositele. Dokáže například měřit klidovou tepovou frekvenci, která je cenným parametrem při predikci selhání srdce. Měřicí zařízení umístěné v prádle je pomocí technologie Bluetooth napojeno na „komunikátor“, který poskytuje pacientovi údaje o jeho zdravotním stavu.

Společnost Philips stojí v čele projektu European MyHeart, který se věnuje problematice nemocí srdce a jejich prevenci. Jeho cílem je vytvořit inteligentní a ekonomicky smysluplná řešení, která uživatelům umožní předcházet projevům kardiovaskulárního onemocnění a lékařům usnadní dohled nad léčbou pacientů s nemocí srdce.

Dětské pyžamo

Je to tzv. opatrovatelka (mama goose SIDS monitoring), představená firmou Verhaert. Toto pyžamo by mělo varovat před syndromem náhlého úmrtí (SIDS - sudden infant death syndrome) pomocí zabudovaných senzorů, vodičů elektrických signálů a datových sběrnic. Sensory jsou vyrobené z nealergických materiálů a citlivé na pohyb. Pyžama se vyrábějí ve 3 velikostech, jsou z pracovního materiálu a oděv je navržen tak, aby senzory byly udržované na správném místě.

Jiným typem jsou textilie s vetkanými elektrodami, které trvale monitorují činnost srdce a dýchání dítěte. Signály putují přes tenká ocelová vlákna do spirálovité antény a odtud přes anténu vloženou v matraci do zařízení, které tyto signály vyhodnotí. Pokud se stane, že by sledované životní funkce vybočovali z normálu, spustí přístroj okamžitě poplach.

4.1.4.3 Sport

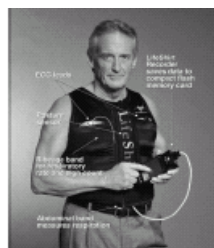
SmartShirt může být užíváno při tréninku atletů, kteří chtějí dosáhnout maximálních výsledků. Dovolují pohodlné měření a sledování jednotlivých biometrických dat (srdce, dýchání, tělesnou teplotu nebo spalování kalorií) a umožňují výstup těchto informací přes náramkové hodinky nebo telefon.



Obr.37 Využití v atletice.

Ostatní možnosti využití, které jsou vypsány na začátku podkapitoly 4.1.4, pracují na stále stejných principech. Proto jsou zde uvedeny jen ty tři nejzákladnější, od kterých se odvíjí i ta ostatní využití.

4.2 LifeShirt firmy VivoMetrics [31]



Obr.38 Lifeshirt, Vivometrics

Tato vesta, monitorující životní funkce, je používána lidmi, které jsou každý den vystaveny velmi riskantním životním situacím (hasiči, záchranáři, profesionální potápěči atd.)

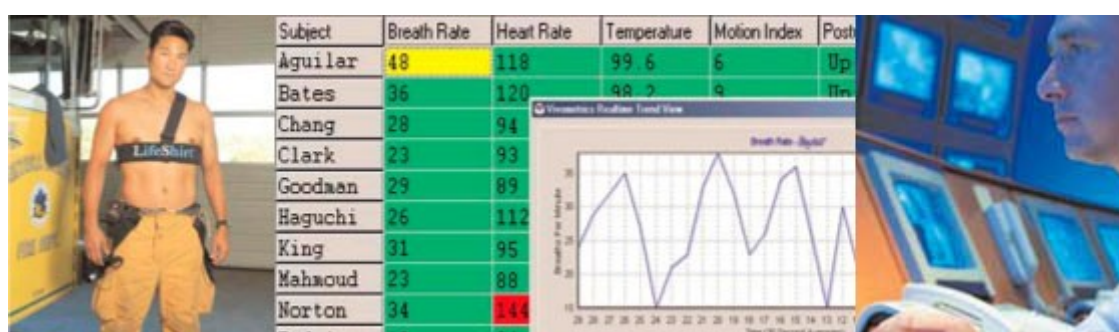
Je vytvořena z pružného elastického materiálu se zabudovanými senzory, je příjemná na nošení a je jí možné práť.

Monitorování je prováděné pomocí senzorů, schopných snímat dýchání, srdeční puls, aktivitu a pohyb těla, teplotu a okysličování krve. Senzory pro snímání dechu jsou vetkány do vesty v oblasti hrudníku a břicha. Dalším snímačem je EKG, který

zaznamenává srdeční puls. Jiná přídatná zařízení mohou měřit teplotu a okysličování krve.

Zjištěné záznamy životních funkcí se přenášejí do centrálního počítače, kde lze monitorovat až 24 jednotlivců najednou. Během jedné sekundy se každý parametr numericky zobrazí a aktualizuje. Zelené, žluté a červené indikátory poukazují na překročení kritického prahu, který může být pro každého jednotlivce nastaven individuálně.

Hodnoty jsou nahrávány a uloženy v tzv. černé skříňce (flashdisk) každého trička pro pozdější možné analýzy.



Obr.39 Jedna z podob monitorující části LifeShirt a tabulka s vyhodnocením stavu nositele.

Na Obr. 39 vlevo, je zobrazena jedna z možností snímání tělesných funkcí. Zde není použito několika senzorů rozmístěných po těle, ale pouze pásu se dvěma elektrodami, který byl zmíněn v podkapitole 2.2.3.

Po přečtení podrobnějšího popisu obou dvou triček se může zdát, že funkci mají téměř stejnou. Monitorují a hodnotí životní funkce. Ale SmartShirt navíc dokáže rozpoznat místo zranění a to díky optickým vláknům, které se v LifeShirt nenacházejí. Je patrné, že LifeShirt by se nemohlo využít ve vojenství a proto je doporučováno pouze pro záchranáře, kde ohrožení střelou nebo střepinou není na denním pořádku.

Závěr

Možností jak využít elektricky inteligentní textilie je několik. Oděv jako takový nabízí spoustu možností kombinací materiálů, struktur nebo úprav, díky kterým se oděv stane velmi silným nástrojem, aby monitoroval části lidského těla s vysokou přesností a na úrovni 100% spolehlivosti a hlavně poskytoval neustále komfort pro nositele.

Tato práce je věnována konkrétní problematice a to detekci zranění. Proto v tomto případě by oděv měl zareagovat na případný úraz a určitým způsobem pomoci svému nositeli. Jeden ze způsobů, který umožní reakci oděvu, je použití zabudovaných senzorů.

Integrace snímačů, ať už pro sledování EKG nebo dechu, je velmi důležitá, jelikož umožňuje sledovat vojáka, atleta či záchranáře při akci a kontrolovat jeho životní funkce, včetně toho jak se nositel cítí, jestli je ve stresu apod. Díky akceleračním sensorům je možné sledovat pohyb nositele inteligentního oděvu. Pomocí všech těchto faktorů, které se mohou pozorovat, jak před, tak během zatížení nositele nebo po skončení stresové situace, pomáhá vyhledat, předejít, zabránit nebo dokonce zachránit osobu před úrazem.

Velmi důležitou věcí, nejen pro integraci senzorů, ale i správné fungování a přesné měření, je složení a struktura oděvu. Každé vlákno popsané v první kapitole, má svůj význam a potřebné vlastnosti, bez kterých by zabudované senzory nemohly v oděvu fungovat.

Laboratorní zkouškou bylo ověřeno, že trička ze 100% vláken jako je polyester nebo viskóza znemožňovaly přesné změření EKG při zátěžovém testu, jelikož při pohybu vytvářely (třením senzoru o tkaninu) elektrostatický náboj, který měl negativní vliv na přesnost měření a výsledných hodnot. Proto navrhnuté inteligentní tričko musí obsahovat nega – stat, polypropylen, ale i jiná potřebná vlákna již zmíněná, které zajistí rozptýlení elektrostatického náboje.

Důležitým vláknem ve struktuře „chytrého trička“ je také spandexové vlákno, díky kterému se zajistí dokonalá přilnavost senzorů a udrží je na předem určených místech. Tlak na senzory musí být natolik dostatečný, aby během pohybu nositele nedošlo k přerušení styku mezi senzorem a pokožkou. Díky tomu dosáhneme přesnějších výsledků měření. S tím souvisí i rozmístění senzorů, kdy je třeba se pozastavit nad anatomii člověka a konstrukčním řešením oděvu. V hrudní části, kde jsou senzory poskládané, musíme předpokládat, že oděv nekopíruje tělo mezi prsy, a proto

senzory je třeba posunout na místa, kde budou v kontaktu s pokožkou. Tento problém se vyskytuje hlavně u žen, ale popravdě i vypracovaní muži, kterými vojáci jsou, mají také vystouplé poprsí.

Inteligentní oděv by se měl stát nezbytnou součástí lidí, kteří každý den nasazují své životy pro záchranu ostatních, aby byl chráněn také jejich život. Pro lidi, kteří jsou dlouhodobě nemocní nebo nastalo hendikepování, aby nemuseli ležet v nemocnicích nebo sportovce, kteří chtějí docílit co nejlepších výsledků. Myslím si, že takové to tričko by se i pro mnohé z nás stalo nepostradatelnou součástí šatníku, ať už by jsme si šli po ránu jen zaběhat.

Je škoda, že v české republice prozatím nejsou inteligentní oděvy až natolik probádanou oblastí, proto je tato práce inspirována hlavně americkým armádním výzkumem. Tento nedostatek u nás přisuzuji hlavně malému financování armády ČR. A i kdyby se u nás začala taková to trička vyrábět, byla by to velmi drahá záležitost, která by nejprve pronikla do vojenské oblasti, potom teprve do lékařství a až na konci by jsme se stali uživateli my, běžní lidé. Přesto však byl učiněn již velký pokrok v rozvoji této oblasti oproti dobám minulým a myslím, že tento trend bude pokračovat a je skutečně nevyhnutelný. Lidé jsou na rozdíl od ostatních živočichů velice nároční. Ačkoliv je dnes možné na trhu nalézt veškeré zboží za dostupné ceny, přesto potřeba lidí projevit svou individualitu a výjimečnost způsobuje, že vyhledávají věci jedinečné a luxusní zboží odsouvá běžné do pozadí. Hlavní požadavky na výrobek, vedle toho, aby byl originální, jsou značka, kvalita, trvanlivost, vzhled, módní styl a stále více bezpečnost. Lidé bezpečnost vyhledávají a jsou za ni ochotni platit. To je i jedna z hnacích sil vývoje kupředu. Věřím proto, že tato práce se brzy stane inspiračním základem pro budoucí výzkum u nás.

Použitá literatura:

- [1] Militký, J.: Inteligentní textilie – realita nebo fikce?, Česká hlava a svět vědy.č.7., 2003.str.23 -26
- [2] Chrobák, L. a kolektiv: Propedeutika vnitřního lékařství, vydavatelství GRADA, Praha 7, 2003
- [3] Šesták, Strnad, Tríska, Speciální technologie a materiály, Praha 93
- [4] Lizák, P. a Militký, J.: TECHNICKE TEXTILIE, Nadácia pre rozvoj textilného vysokoškolského vzdelávania v Ružomberku, 2002
- [5] Militký, J.: TEXTILNÍ VLÁKNA, Liberec, Zář 2002
- [6] <http://centrum.vslib.cz/centrum/sekceB/b1/B1-resukoly.html>
- [7] <http://cs.wikipedia.org/wiki/>
- [8] <http://ekg.kvalitne.cz/start.htm>
- [9] <http://stoplusjedna.nevtonit.cz/stare/200523/so23a18a.asp>
- [10] <http://www.automatizace.cz/article.php?a=678>
- [11] http://www.cas.cz/anotace_txt.php?ID=50#14
- [12] http://www.dcu.ie/chemistry/asg/coyleshi/files/mrs_tutorial_part2.pdf
- [13] <http://www.eleksen.com/?page=products/index.asp>
- [14] <http://www.elektrorevue.cz/cz/>
- [15] <http://www.ftc.com.tw/ftc23e3.htm>
- [16] <http://www.gtwm.gatech.edu/gtwm.html>
- [17] <http://www.infineon.com/cgi-bin/ifx/portal/ep/home.do?tabId=0>
- [18] http://www.jmpartners.cz/cz_mems.html
- [19] http://www.kendall.cz/files/manuals/ekg_elektrody_h91_h92.doc
- [20] http://www.marexim.cz/marexim_cz/klopman_cz.htm
- [21] <http://www.marketresearch.com/vendors/viewVendor.asp?VendorID=2646>
- [22] http://www.medgadget.com/archives/2005/06/lifeshirt_cloth.html
- [23] <http://www.peratech.co.uk/textech.htm>
- [24] <http://www.primidi.com/2006/05/13.html>
- [25] <http://www.sensatex.com/main.html>
- [26] http://www.smarttextiles.co.uk/_blue4.htm
- [27] <http://www.softswitch.co.uk/>
- [28] <http://www.schoeller-textil.texnetis.com/>
- [29] <http://www.tajnyagent.wz.cz/inf/vlnovodnaoptika.doc>

- [30] <http://www.ure.cas.cz/department.php?id=12>
- [31] <http://www.vivometrics.com/responder/system.html>
- [32] <http://www.vlcidoupe.net/texts.php?textid=30>
- [33] <http://www.www-nylon.com/spandex.html>
- [34] www.autexrj.org/No6/0038
- [35] www.automa.cz
- [36] www.darpa.mil/dso/trans/pdf/Abmt.pdf
- [37] www.devold.cz/
- [38] [www.elsevier.com/locate/sna.](http://www.elsevier.com/locate/sna)
- [39] www.freescale.com
- [40] www.minatec.com/minatec2003/act_pdf/1_MONDAY_DEGUILLEMONT.pdf
- [41] www.philips.cz/about/news/press/article-14726.html